

**SISTEMATIZACION DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE ZARAGOZA  
- SECTORIZACION -  
APLICACIÓN DE EXPERIENCIAS EN SECTORES PILOTO**

## PROYECTO SWITCH

SWITCH es un proyecto que promueve el uso y la gestión eficientes del agua por parte de los ciudadanos. Está incluido en el Sexto Programa Marco de la Unión Europea y es liderado por UNESCO-IHE (Instituto para la Educación del Agua)

Este proyecto se dirige hacia el desarrollo, aplicación y demostración de soluciones que contribuyan a conseguir proyectos de gestión del agua urbana sostenibles y eficientes en la "ciudad del futuro"

Dentro del proyecto de demostración de la gestión de la demanda de agua en la ciudad de Zaragoza, se han diseñado y puesto en marcha sectores de medición (DMA) en el área del Actur.

De la experiencia aprendida en estos cuatro primeros sectores, se han obtenido una serie de "buenas prácticas" que se están utilizando en la elaboración de un estudio de sistematización de la red de abastecimiento de agua de Zaragoza y que se relacionarán posteriormente.

## INTRODUCCIÓN

La correcta gestión de la red de distribución de agua de la ciudad es una parte fundamental para alcanzar el objetivo general de reducir el volumen del agua potable consumido y promover al mismo tiempo un uso más eficiente del agua.

El Servicio de Explotación de Redes y Cartografía del Ayuntamiento de Zaragoza, elabora la planificación estratégica de la red y efectúa la gestión operativa y seguimiento de la misma.

Uno de los puntos básicos de un sistema de gestión del agua corresponde a la medición de los caudales circulantes por las tuberías y de los consumos de los usuarios. Estos datos permiten evaluar la funcionalidad del sistema y diseñar las estrategias de mejora para la red de distribución.

El ámbito de la planificación y explotación de las redes de abastecimiento de agua incide directamente en la utilización prudente y racional del agua, e implica además de políticas de racionalización de consumos en destino (usuarios), políticas de control y reducción de pérdidas en las infraestructuras de captación y transporte.

Otra de las bases de partida, consiste en la racionalización de la infraestructura existente, la planificación y sistematización de las actuaciones de renovación y nueva implantación derivadas de la necesidad de dotar de una infraestructura básica funcional y sostenible a la ciudad.

Los parámetros básicos de partida son la dotación de un servicio con las características suficientes de seguridad en el abastecimiento, calidad del agua suministrada y eficiencia

técnica y económica, dentro de un marco de sostenibilidad del sistema

El rendimiento de una red, considerado como el cociente entre el volumen controlado y el volumen suministrado, es un parámetro básico que define la eficiencia del sistema.

<b>PRODUCCION NETA DE AGUA</b>	<b>CONSUMO AUTORIZADO</b>	<b>CONSUMO AUTORIZADO FACTURADO</b>		
		<b>CONSUMO AUTORIZADO NO FACTURADO</b>		
	<b>PERDIDAS</b>	<b>PERDIDA COMERCIAL</b>	<b>CONSUMO NO AUTORIZADO</b>	
		<b>PERDIDAS TECNICAS</b>	<b>FUGAS EN:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TUBERÍAS DE DISTRIBUCIÓN</li> <li>• EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO</li> <li>• EN ACOMETIDAS</li> </ul>	

BAI ANCE HIDRICO PROPUUESTO POR LA IWA

En una primera aproximación, una buena gestión del sistema desde el punto de vista funcional, implica la mejora del rendimiento, actuando en los dos frentes posibles: por una parte la reducción de pérdidas y por otra la disminución de la demanda.

La actuación de reducción de pérdidas en la categoría denominada pérdidas comerciales implicará la disminución del consumo no autorizado o contabilizado y la minimización de las inexactitudes en la medición mediante los planes de actuación correspondientes.

Una gran parte de las pérdidas reales corresponden a las denominadas pérdidas técnicas, debidas a las características de la red y sistemas complementarios (depósitos, impulsiones, etc.).

La sectorización de la red permite por una parte la monitorización detallada del funcionamiento del sistema y por otra la posibilidad de actuar eventualmente en el control de presión para disminuir fugas.

Las fugas de una red pueden clasificarse en dos tipologías en función de la visibilidad y efectos:

1. Roturas explosivas, que presentan generalmente un inicio de carácter violento (roturas en tuberías frágiles) y de efectos evidentes en pavimentos, mobiliario urbano, inmuebles próximos, etc.

Este tipo de fugas son de fácil detección y presentan una necesidad de reparación inmediata, dado que en general supone la interrupción del servicio en áreas más o menos extensas.

2. Fugas lentas, generalmente de caudal pequeño, que no presentan problemas inmediatos de interrupción del servicio y no suelen hacerse evidentes hasta pasado largo tiempo (hundimientos, humedades, etc.). La detección temprana de estas fugas es difícil y laboriosa. Dependiendo del estado de la red, el volumen total de pérdidas correspondiente a este tipo de fugas puede llegar a ser muy considerable y su minimización es importante para el aumento de rendimiento del sistema.

Para detectar estas fugas es preciso actuar de manera sistemática mediante un procedimiento preventivo de prospección e identificación .

En este aspecto la sectorización y monitorización de la red es fundamental para reducir el coste económico y de tiempo en la detección de este tipo de fugas. La identificación de anomalías en las curvas de caudales y presiones de cada sector ayudan a identificar problemas y acotan los ámbitos de actuación para una búsqueda más exhaustiva de las causas del problema detectado. Además el tratamiento estadístico de los datos recogidos, ayudan a la evaluación objetiva del rendimiento de la red.

### GESTIÓN DE LA PRESIÓN

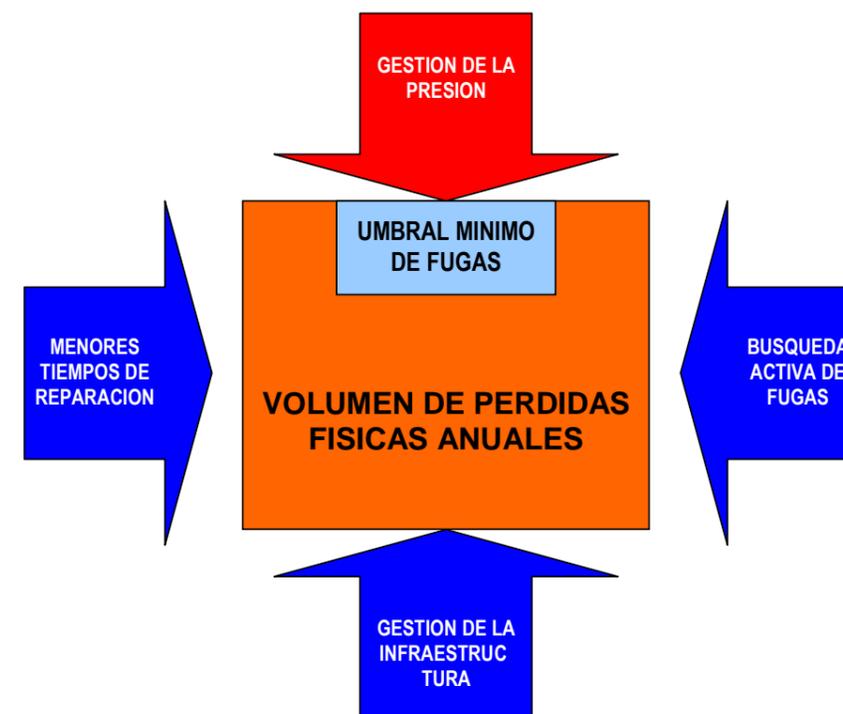
Uno de los estándares de servicio de la red, es asegurar una presión de operación mínima en todos los puntos de la red durante 24 horas al día.

La cantidad de agua que el sistema distribuye varía diariamente con picos de demanda en horas de la mañana y de la tarde, seguidos por periodos de bajo consumo durante la noche y ciertas horas del día. Teniendo en cuenta que, el sistema se diseña para asegurar durante todo el día la presión mínima, este mismo mínimo sólo se alcanza realmente durante cortos periodos de tiempo que coinciden con los picos de la demanda del sistema; el resultado de

este criterio de diseño es que para una gran parte del día el sistema de distribución está sujeto a presiones excesivas.

El Grupo de Trabajo en Pérdidas de Agua de la Asociación Internacional del Agua (IWA), ha desarrollado durante los últimos años una propuesta de estrategia para la gestión de las pérdidas de agua en sistemas de distribución.

El umbral mínimo de fugas es considerado como el mínimo de fugas que experimenta un sistema en optimas condiciones de operación y mantenimiento. A medida que el sistema se deteriora, las fugas tenderán a aumentar si no son restringidas por las cuatro actividades que aquí se presentan (Menores tiempos de reparación, búsqueda activa de fugas, gestión de la infraestructura y gestión de la presión).



Estrategia IWA para la reducción de las pérdidas de agua

Se ha podido comprobar la relación directa de la presión de servicio y los caudales de la fugas. El Grupo de Trabajo de Pérdidas de la IWA y el Programa de Investigación de la Industria del Agua del Reino Unido (UKWIR) recomiendan la adopción de una expresión exponencial simple para representar la relación del caudal de fuga y la presión de servicio.

$$Q_f = P^{N1}$$

$$Q_{f1} / Q_{f0} = (P_1 / P_0)^{N1}$$

donde:

- $Q_{f1}$  es el caudal de fuga después de la reducción de presión.
- $Q_{f0}$  es el caudal de fuga antes de la reducción de presión.
- $P_1$  es la presión después de implementar su reducción.
- $P_0$  es la presión antes de implementar su reducción.
- $N1$  varía en función de las características de las tuberías (0,5-2).

En esta línea y al objeto de poder evaluar el procedimiento de control de presión para disminución de fugas, se ha instalado en el sector S-04 una válvula controladora de presión que en la actualidad se encuentra en periodo de ajuste, únicamente limitando la presión en el periodo nocturno a 30 m.c.a. y estando en fase de recolección de datos con esa curva de funcionamiento.

## SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE LA CIUDAD DE ZARAGOZA

### ESCALONES DE PRESION

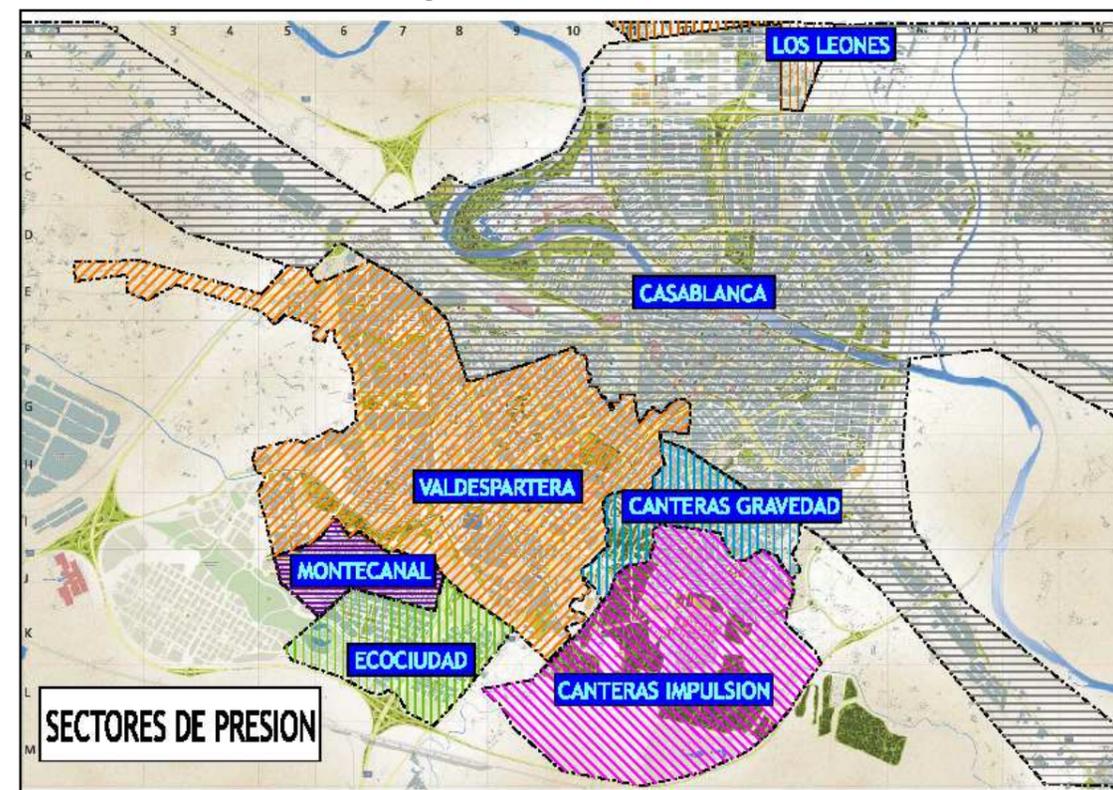
Las diferentes cotas topográficas entre las distintas zonas de la ciudad, hace que la distribución del agua se desarrolle en pisos de distinta presión para intentar adaptarse al relieve para mantener un rango operativo de presión en toda la ciudad. Esto origina la existencia de varios depósitos e instalaciones de bombeo.

Las zonas con presión diferenciada son las siguientes:

- Casablanca: abarca la mayor parte de la ciudad incluyendo el Casco, Centro, Almozara, Las Fuentes, Margen Izquierda, parte de Delicias, Carretera de Logroño, Carretera de Castellón, Malpica, etc.
- Valdespartera: comprende los barrios de Casablanca, Valdefierro, Oliver, Miralbueno, resto de Delicias, Universidad, Romareda, llegando una cuña hasta la Plaza. de Paraíso.
- Canteras gravedad: comprende la zona entre el Huerva, El Canal Imperial y las avenidas de Goya y Tenor Fleta.

- Canteras impulsión: incluye los barrios de Torrero y la Paz.
- Los Leones-Academia: comprende la zona en torno de la Carretera de Huesca: instalaciones militares, San Gregorio, San Juan, Juslibol y Camino de los Molinos.
- Los barrios de Garrapinillos, Alcocea, Montañana, Peñaflor y Villamayor cuentan con zonas independientes así como el abastecimiento autónomo de Villarrapa.
- Ecociudad Valdespartera.

La red de distribución de Zaragoza es mallada, con ramificaciones en los extremos

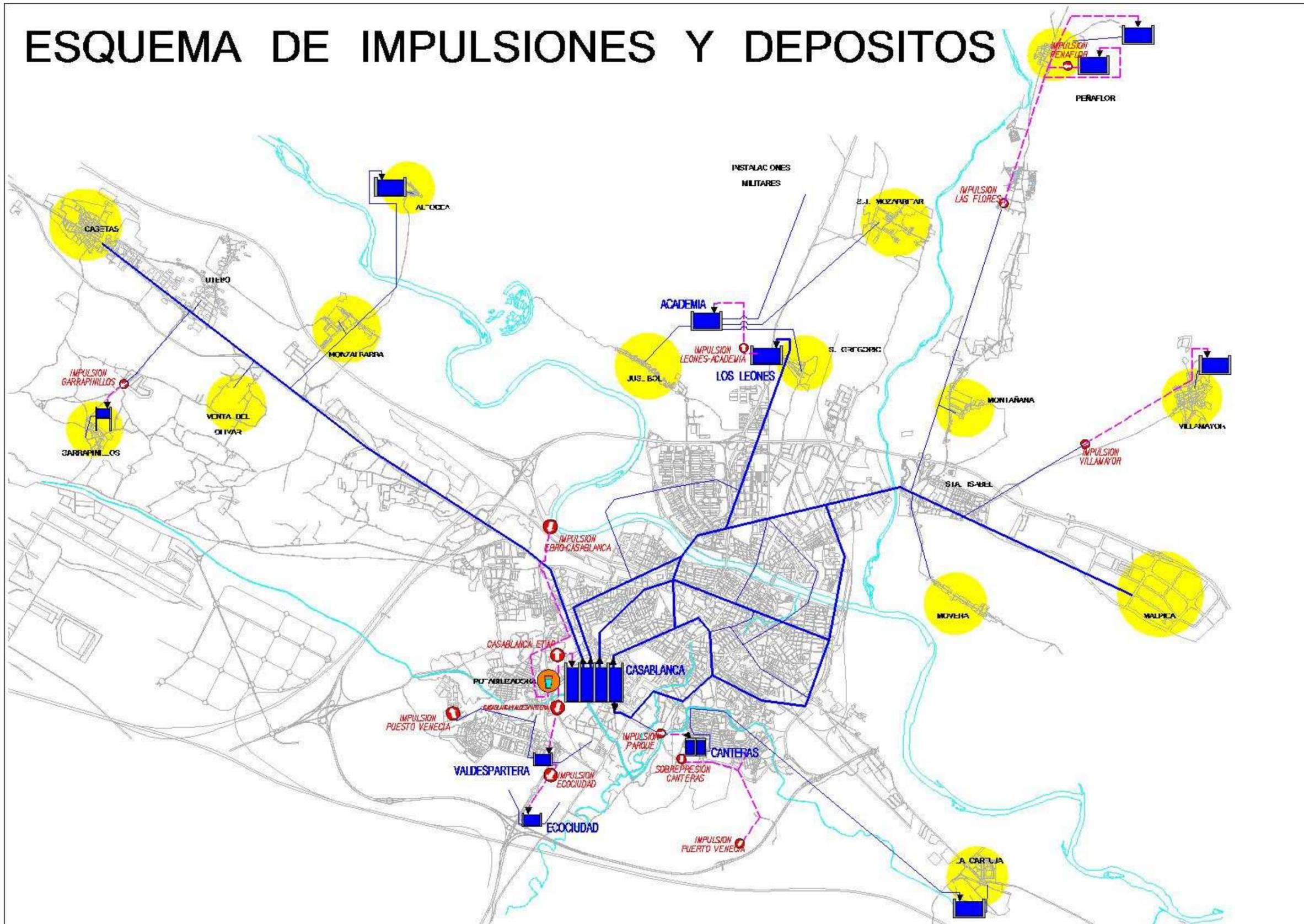


hacia polígonos industriales o barrios periféricos

De forma general puede afirmarse que las presiones de distribución son de tipo medio, entre 20 y 45 m. de columna de agua. La máxima es de unos 80 m. en zonas puntuales.

Los diámetros utilizados son más bien generosos, siendo el diámetro mínimo más utilizado el de 150 mm. Por ello, las velocidades de circulación son pequeñas y los tiempos de residencia a veces excesivos, por otra parte esto permite una mayor flexibilidad en un abastecimiento alternativo en momentos de eventuales cortes en grandes arterias.

# ESQUEMA DE IMPULSIONES Y DEPOSITOS



## ESTRUCTURA DE LAS GRANDES ARTERIAS DE LA RED

El sistema de distribución de agua de la ciudad de Zaragoza, una vez potabilizada, tiene como origen los depósitos de Casablanca, a partir de los cuales se distribuye, sea directamente, sea a través de bombes a otros depósitos o directamente a la red.

Debido a la disposición geométrica de las zonas a servir, el sistema se configura en varias zonas relativamente independientes con una distribución de escalones de presión diferentes.

Así pues se pueden distinguir las siguientes zonas de abastecimiento a través de distintos depósitos e impulsiones:

ZONA	TIPO	VOLUMEN	COTA lamina de agua	COMENTARIO
Casablanca	DEPOSITO DE CASABLANCA	180.000 m3	241 m.	Abarca la mayor parte de la ciudad incluyendo el Casco, Centro, Almozara, Las Fuentes, Margen Izquierda, parte de Delicias, Carretera de Logroño, Carretera de Castellón, Malpica, etc.
Valdespartera	DEPOSITO DE VALDESPARTERA	42.000 m3	270 m.	Comprende los barrios de Casablanca, Valdefierro, Oliver, Miralbueno, resto de Delicias, Universidad, Romareda, llegando hasta la Plaza. de Paraíso
Ecociudad	DEPOSITOS ECOCIUDAD	11.100 m3	313.5 m.	Es abastecido a través de un bombeo desde los depósitos de Valdespartera
Canteras gravedad	DEPOSITO DE CANTERAS	14.400 m3	256 m.	Comprende la zona entre el río Huerva, El Canal Imperial y las avenidas de Goya y Tenor Fleta.
Canteras impulsión	IMPULSIÓN			Incluye los barrios de Torrero y la Paz
Los Leones	DEPOSITO DE LOS LEONES	4.000 m3	227 m.	Comprende la zona en torno de la Carretera de Huesca: instalaciones militares, San Gregorio, San Juan, Juslibol y Camino de los Molinos. El agua que llega al depósito de Los Leones, se bombea al Depósito de la Academia
Academia	DEPOSITO DE LA ACADEMIA	15.000 m3	282 m.	
Peñaflor	DEPOSITO	200 m3	288 m.	
Garrapinillos	DEPOSITO	100 m3	221 m.	
Villarrapa	DEPOSITO	560 m3	221 m.	
	IMPULSIÓN			Montañana , Puerto Venecia, Empresarium, Los rosales del Canal

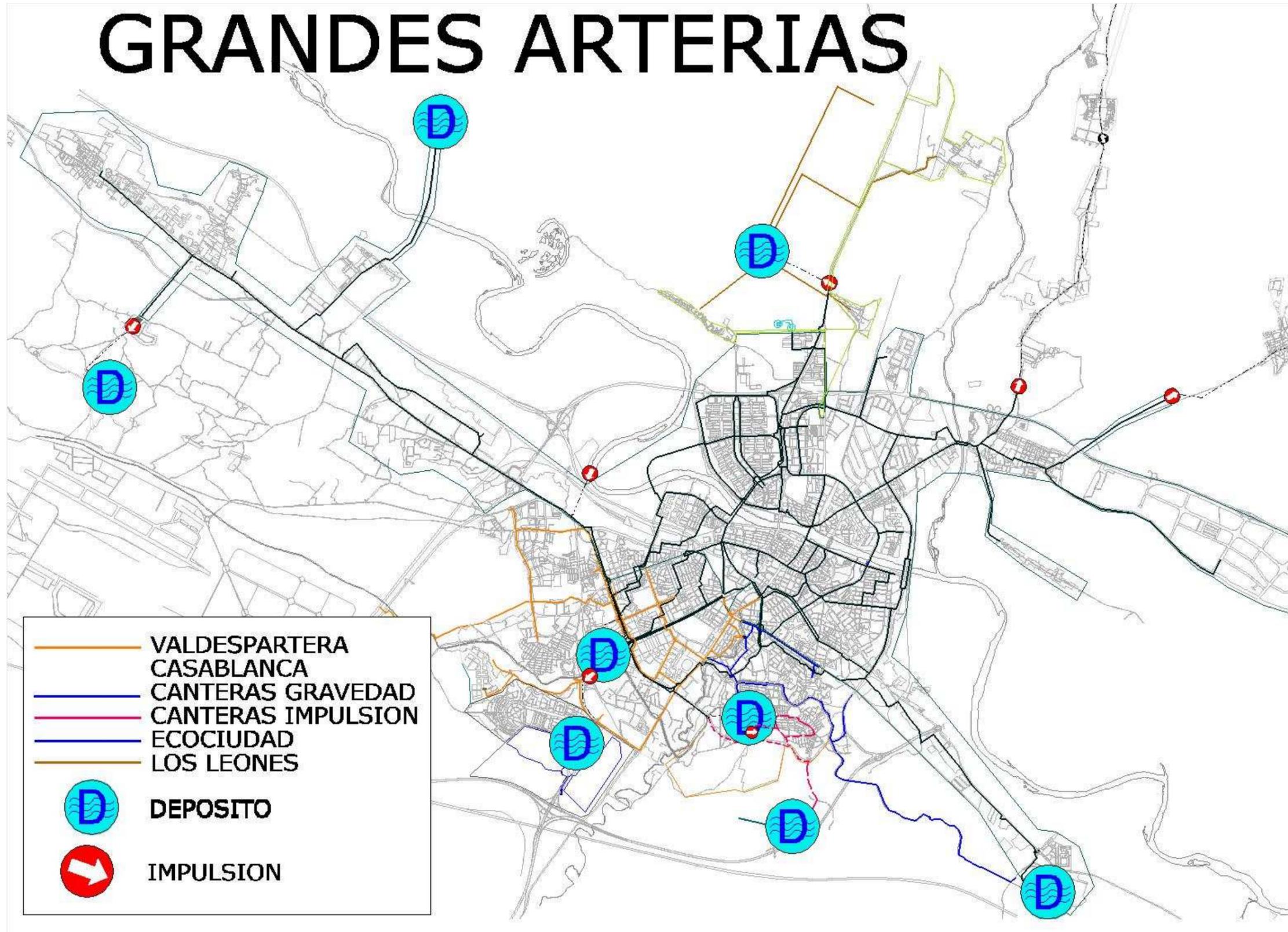
La alimentación de estas zonas se realiza en general a través de tuberías de grandes diámetros (a partir de 500 mm.), a partir de las cuales se distribuye a través de una red mallada de tuberías de diámetros menores.

La distribución aproximada de tuberías por diámetros y materiales en la red de abastecimiento de agua municipal de la ciudad de Zaragoza en el año 2010 es el siguiente:

Materiales de las tuberías de la red de abastecimiento de agua de Zaragoza (2010)	
Material	Longitud en m.
Chapa	724
Fibrocemento	304.418
Fundición Dúctil	740.375
Fundición Gris	25.890
Hormigón Armado	71.928
Material desconocido	1.687
Polietileno	33.312
Plástico	2.314
PVC	55.782
<b>SUMA</b>	<b>1.236.429</b>

Diámetros de las tuberías de la red de abastecimiento de agua de Zaragoza (2010)	
Diámetro en mm:	Longitud en m.
<=100	180.111
100<Ø<=150	535.465
150<Ø<=300	314.966
300Ø<=1500	205.888
<b>SUMA</b>	<b>1.236.430</b>

# GRANDES ARTERIAS



## DIRECTRICES BASICAS DE PLANIFICACION

Desde el punto de vista técnico, para la planificación de la red a corto, medio y largo plazo, es conveniente precisar una serie de directrices que orienten las actuaciones puntuales y locales, (renovaciones, nuevas instalaciones, reparación de averías, etc.), hacia unos objetivos precisos, priorizando la utilización de recursos en actuaciones coordinadas que contribuyan a alcanzar dichos objetivos de la manera más eficiente posible.

### OBJETIVOS

El sistema debería perseguir, entre otros, los siguientes objetivos:

- **Garantizar la funcionalidad de la red**, para dotar del adecuado servicio de abastecimiento de agua a la ciudad.
- **Optimizar el ahorro de agua**, minimizando las pérdidas y consumos no contabilizados, aumentando el control de la red.
- **Disminuir los costes de implantación y explotación** del sistema, continuando las actuaciones de renovación de redes obsoletas, simplificando las redes y disminuyendo duplicidades no operativas de tramos de grandes tuberías, puntos de corte, conexiones, valvulería, etc., mejorando y manteniendo en todo caso la funcionalidad y flexibilidad del sistema.

### DIRECTRICES

Diseñar la estructura de la red de alta de manera flexible y eficiente, que permita mantener el abastecimiento por circuitos alternativos en casos de averías o cortes y en todo caso permitir la menor duración y afección de las interrupciones del servicio (roturas, actuaciones de explotación y/o renovación en la red, etc.)

El desarrollo de estas líneas de actuación en la red de abastecimiento de agua permitirá tener una estrategia marco para todas aquellas actuaciones que puedan afectar a la misma (proyectos de renovación de servicios, de nueva implantación, reparaciones, etc.)

#### DIRECTRIZ 1

**Diseñar la red de tuberías en alta y sus conexiones de manera que, garantizando su funcionalidad, se eliminen y/o simplifiquen nudos y tramos con redes antiguas en las zonas que por su situación, tráfico, etc. las actuaciones de renovación y reparación sean especialmente conflictivas.**

La red de grandes arterias de abastecimiento (en adelante la red de alta), debe planificarse partiendo de las premisas iniciales siguientes:

- Estructura, estado y funcionalidad actual de la red.
- Previsión de nuevos desarrollos urbanos y sus necesidades.
- Adaptación a la sectorización de la red en baja.
- Debe estudiarse la operatividad actual de los tramos de red existentes, determinar aquellos ejecutados con materiales deteriorados u obsoletos y aquellos que presentan incidencias importantes tanto en frecuencia como en afecciones.
- La planificación a medio y largo plazo debe prever una red en alta flexible y que disponga de circuitos alternativos de alimentación a los diversos escalones de presión en caso de renovaciones, averías o cortes de suministro, de manera que se minimice la duración de la interrupción y el grado de afección a los usuarios.

#### DIRECTRIZ 2

**Estudiar la simplificación de nudos de conexión de grandes arterias cuya operatividad está limitada desde una visión general del sistema, proporcionará una base de partida para los eventuales proyectos que afecten a esas zonas.**

La red de grandes arterias de abastecimiento, debe simplificarse garantizando su funcionalidad y flexibilidad.

Se considerará la simplificación de grandes nudos de conexión entre redes de alta, adaptándolos a la disposición de las áreas servidas por distintos depósitos y/o impulsiones, eliminando aquellas conexiones incompatibles entre escalones de presión.

Estudiar la reordenación de los nudos de conexión de grandes arterias cuya operatividad está limitada desde una visión general del sistema, proporcionará una base de partida para los eventuales proyectos que afecten a esas zonas.

Teniendo en cuenta que la adopción progresiva de la sectorización de la red de distribución en baja permitirá reducir las conexiones actuales de la red en alta con la red en baja, se estudiará la limitación de dichas conexiones, eliminando aquellas que sean incompatibles o no operativas (por ejemplo conexiones de grandes arterias con redes de pequeño diámetro, no compatibles con la sectorización y/o escalones de presión).

Deberá estudiarse de manera especial la disposición de los nudos de conexión y trazados de las redes de tuberías en alta en aquellos puntos en los que, por su situación, incidencia del tráfico rodado, redes de transporte, etc., las actuaciones de renovación y reparación sean especialmente conflictivas.

### DIRECTRIZ 3

**Profundizar en la sectorización de la red, implantando los puntos de control imprescindibles para conocer el gasto e identificar las zonas con una inadecuada relación de consumo total/consumo contabilizado. Esto proporcionaría la información necesaria para programar eficientemente las actuaciones de control, renovación y reparación a lo largo de la red.**

Además, la extensión de la sectorización permitirá la limitación de las conexiones existentes entre las grandes arterias y la red de distribución en baja tal y como se indica en el párrafo relativo a la Directriz 2.

El estudio y planificación de la sectorización de la red de distribución en baja, se aborda en otro documento denominado "Sistematización y Tecnificación de la Red de Abastecimiento de Agua de Zaragoza - red en baja -" en elaboración por este Servicio.

### DIRECTRIZ 4

**Determinar y delimitar la separación de redes en alta (grandes arterias) y la red de distribución (redes locales), simplificado la elección de diámetros y trazados en proyectos de redes locales de distribución.**

Las grandes arterias que conducen el agua a los diferentes sectores presentan unas características especiales por sus diámetros, población a la que sirven, afecciones en caso de interrupción del servicio, elementos especiales (válvulas, arquetas, etc.). No es recomendable que estas arterias presenten multitud de conexiones a redes locales, que pueden ser puntos conflictivos en potencia.

Las características, requerimientos y funcionalidad de las grandes arterias de distribución y de la red de distribución local de agua, son diferentes y la sectorización del sistema completo implica la necesidad de una cierta separación de la infraestructura de red de abastecimiento de agua en dos subsistemas (red en alta y red en baja).

En este documento se propone la determinación y delimitación de la separación de redes en alta (grandes arterias) y la red de distribución (redes locales), simplificado la elección de diámetros conexiones y trazados en los futuros proyectos de redes.

### DIRECTRIZ 5

**Definir y estabilizar los límites de las áreas con un mismo escalón de presión (servidas por un mismo depósito o impulsión).**

Estas áreas (que denominaremos escalones de presión) presentan, en principio una cierta incompatibilidad en cuanto a su interconexión, dado que cada una de ellas parte de unas cotas piezométricas que dependen de la altura del depósito o de las características de la impulsión que las alimenta. Una conexión incontrolada de alguna de ellas entre sí, producirá disfunciones y, en su caso, posible colapso del servicio (vaciados de depósitos, roturas por excesos de presión, etc).

Es por ello que es preciso limitar y adecuar los puntos de posible conexión entre ellas para evitar conexiones no programadas entre escalones de presión incompatibles.

Ha de preverse la existencia de ciertas conexiones controladas para permitir que, en casos excepcionales en que las circunstancias de servicio lo requieran, pueda efectuarse dicha conexión de manera controlada (mediante válvulas reductoras de presión, etc.).

Es preciso definir unos límites estables entre los escalones de presión, cuya geometría dependerá, entre otras, de las características altimétricas de la ciudad, estado, materiales y antigüedad de las redes, capacidad de los depósitos e impulsiones, cotas piezométricas de los mismos, población a abastecer, presiones y caudales mínimos a suministrar, etc.

La estabilidad de estos límites no será absoluta, dado que podrán variar en función de las solicitudes y desarrollos futuros del sistema.

Además es preciso definir un plan de adaptación de los escalones de presión actual a los límites previstos, junto con las actuaciones complementarias a ejecutar para ello (previsión de renovación puntual de redes inadecuadas, coordinación con las redes de nueva implantación, etc.)

### DIRECTRIZ 6

**Estudiar las posibles alternativas de abastecimiento a zonas con alta tasa de incidencias importantes o con limitaciones de funcionalidad .**

### DIRECTRIZ 7

**Acotar los tramos de tuberías que presentan problemas destacables, identificar las causas y proponer las pautas que deberían seguir las actuaciones para su resolución.**

Es preciso acotar los tramos de grandes tuberías en alta, que presentan problemas importantes y frecuentes, identificar las causas y proponer las pautas que deberían seguir las actuaciones para su resolución (renovación, circuitos alternativos, etc.).

## SECTORIZACIÓN

La materialización de la sistematización y racionalización de la red consiste en crear zonas adaptadas a la estructura y funcionalidad de la red abastecidas desde un único punto de suministro situado en la red en alta, en el que se instalará un punto de control de caudal y presión.

Este punto de control compuesto por un caudalímetro magnético, toma de presión y sistema electrónico de registro y comunicación de datos, registra los caudales y presiones a lo largo del día y podrá enviar los datos almacenados, sea de forma continua (con conexión permanente de datos), sea de forma periódica (a través de sistema de telefonía móvil vía SMS).

La correcta gestión de los datos obtenidos permitirá, en su caso:

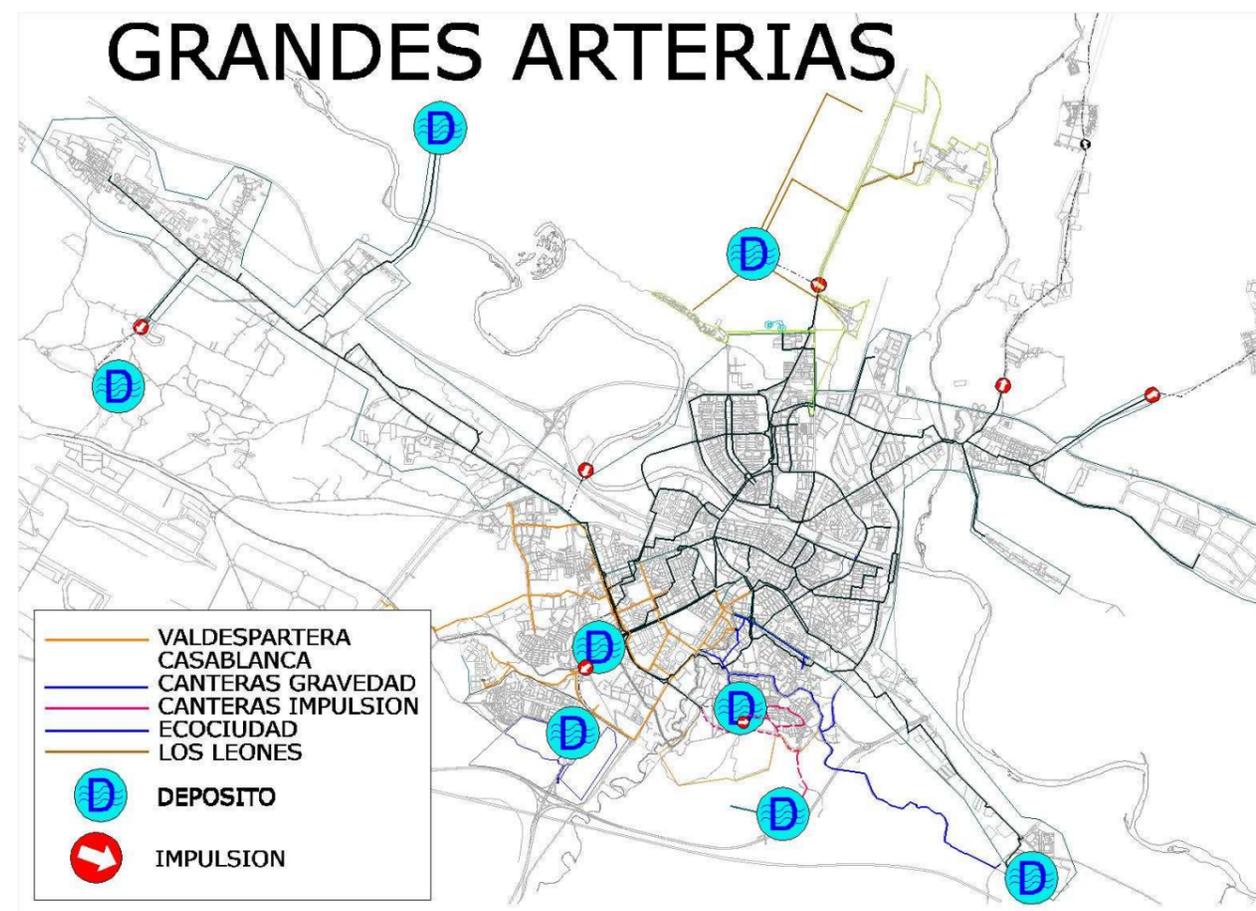
- **Detección temprana de incidencias** tales como fugas y roturas (por el aumento del consumo brusco y extemporáneo), pudiendo comunicarse a los equipos de detección de fugas para reparar la avería antes de que dé lugar a daños importantes.
- **Control sectorizado de pérdidas**, por comparación del consumo contabilizado en el punto de control de cada sector con la suma de consumos de los contadores instalados dentro del mismo.
- **Obtención de datos para calibración** del sistema GIS de simulación de la red.
- **Obtención de datos** que permita el tratamiento estadístico para una adecuada interpretación del funcionamiento de la red que permita la correcta planificación y mejora continua de su funcionalidad.

La materialización de la sectorización de la red de abastecimiento implica el establecimiento de dos categorías de redes diferenciadas, una que denominaremos "en alta", compuesta de tuberías de gran diámetro (mayores de Ø300 mm.) que realizan el primer escalón de transporte del agua desde los distintos depósitos e impulsiones, hasta la red secundaria de distribución local que presenta en general diámetros pequeños (iguales o inferiores a Ø300 mm.).

Cada sector se alimentará generalmente desde un punto de la red en alta, mediante un tramo de tubería de diámetro suficiente que garantice un correcto suministro al sector con una pérdida de carga asumible; el resto de las entradas de agua al sector se mantienen cerradas, debiendo evitarse la existencia de ramales de tubería ciegos para evitar retenciones excesivas de agua en las redes.

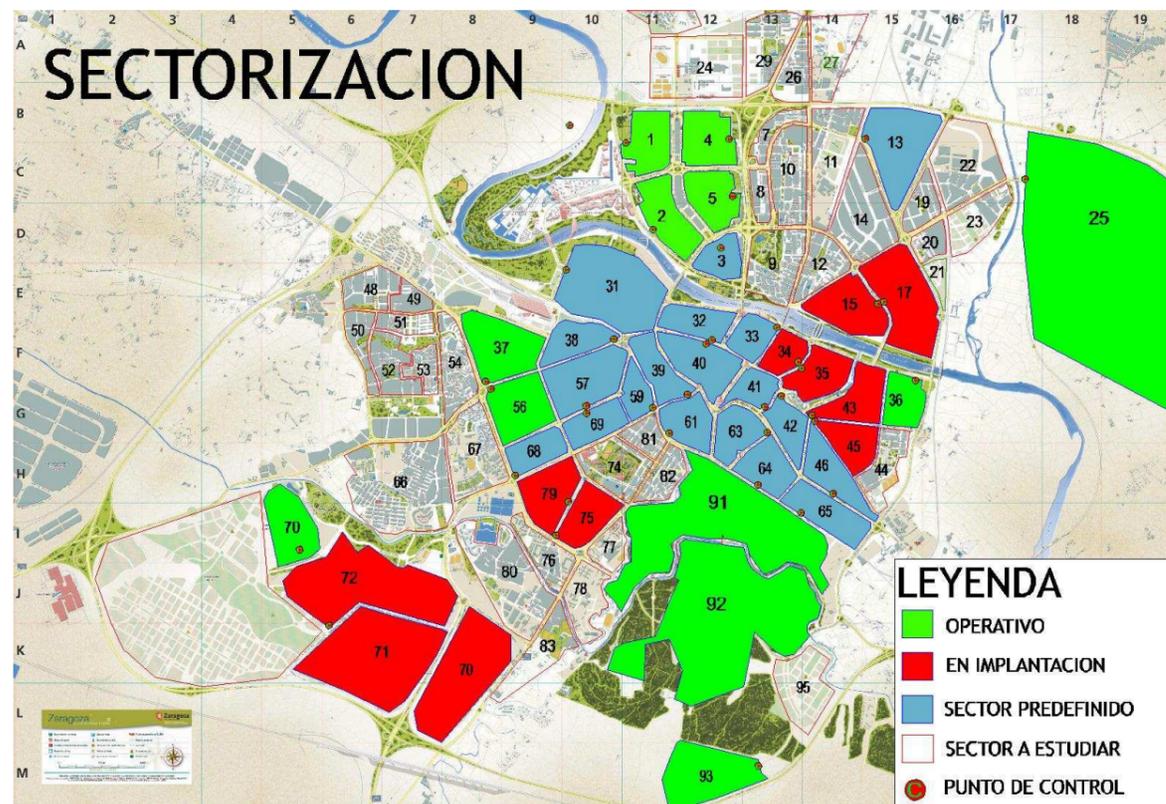
Por ello es necesario planificar el diseño de la sectorización de la red de forma que en las fronteras de cada sector exista una tubería perimetral que además de contribuir al reparto de caudales en el sector, permita la eliminación de fondo de saco en las tuberías.

En nuestro caso se ha procurado que cada sector que se establezca debe tener como mínimo dos conexiones con la red en alta, a través de un tramo corto de tubería de al menos 300 mm. de diámetro. En uno de estos tramos se instalará el punto de control y en todos ellos se dispondrá una válvula de corte de que aisle el sector con la red de alta.



Para la definición de los sectores se han tenido en cuenta los siguientes parámetros de partida:

1. Topología de la red de distribución
2. Número equivalente de habitantes:                   En torno a 12.000 habitantes
3. Consumo de cálculo por habitante y día:           => 250 l/hab. día
4. Factor punta :   2.5 veces el consumo medio
5. Factor de consumo mínimo:                           0.20 veces el consumo medio
6. Si es posible el sector dispondrá de una tubería de 300 mm. de diámetro en todo su contorno.
7. Se efectuará una simulación en cada sector para conocer la suficiencia de partida de la conexión para abastecer al sector.



## PROCESO DE ACTUACIÓN

En este ámbito se ha procedido inicialmente a diseñar y ejecutar la sectorización de cuatro sectores (denominados S-01, S-02, S-04 y S-05) situados en el área del Actur al norte de la ciudad de Zaragoza.



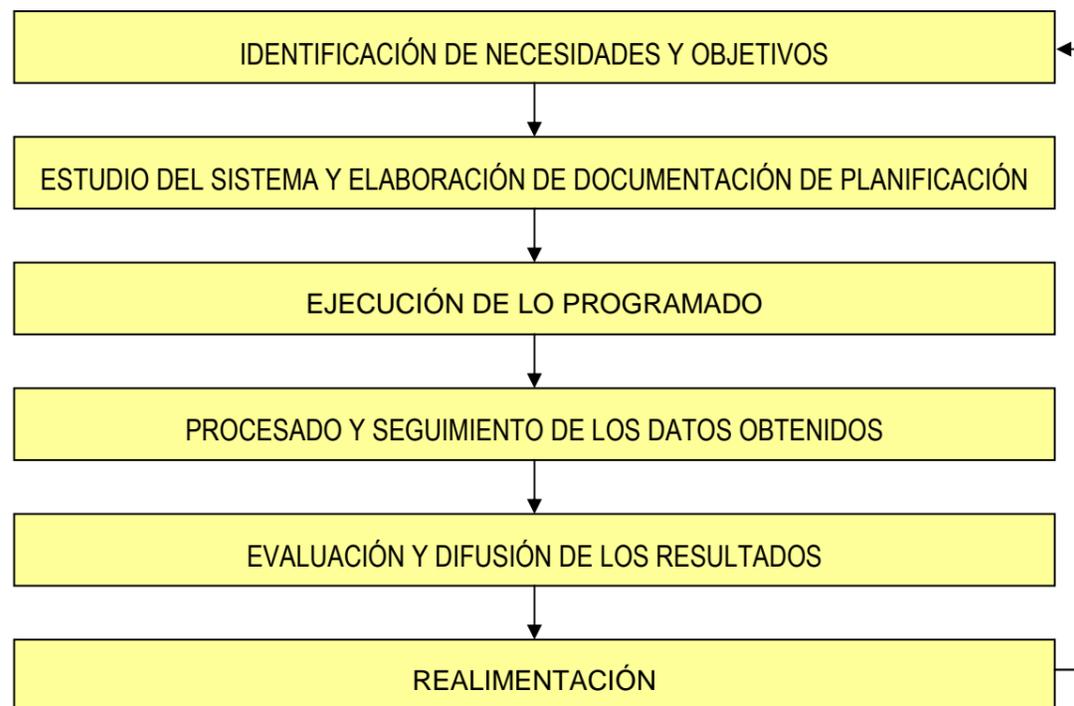
El proceso inicial de actuación ha sido el siguiente:

1. Identificación de las áreas susceptibles de sectorización en el Actur
2. Estudio de la red y diseño de cada uno de los sectores
  - Identificación de las llaves de corte a cerrar
  - Identificación de la ubicación del punto de control
3. Definición de las características del punto de control
4. Ejecución de los puntos de control

5. Parametrización de los equipos y recepción de datos en el centro operativo
6. Seguimiento de los datos recibidos, identificación de incidencias de funcionamiento.
7. Adaptación, parametrización y corrección de incidencias de funcionamiento de los puntos de control.
8. Sistematización de incidencias y métodos de corrección utilizados, elaboración de recomendaciones internas de instalación de futuros sectores.

De este proceso de actuación integrado en el proyecto Switch, y aplicando las experiencias obtenidas hasta la fecha en los sectores indicados S-01, S-02, S-04 y S-05, se ha continuado la redacción de una documentación de planificación estratégica de la red, actualmente en proceso de elaboración. Igualmente como desarrollo natural del sistema, se han ido incorporando al sistema varios sectores más y se prevé la ejecución de otros más.

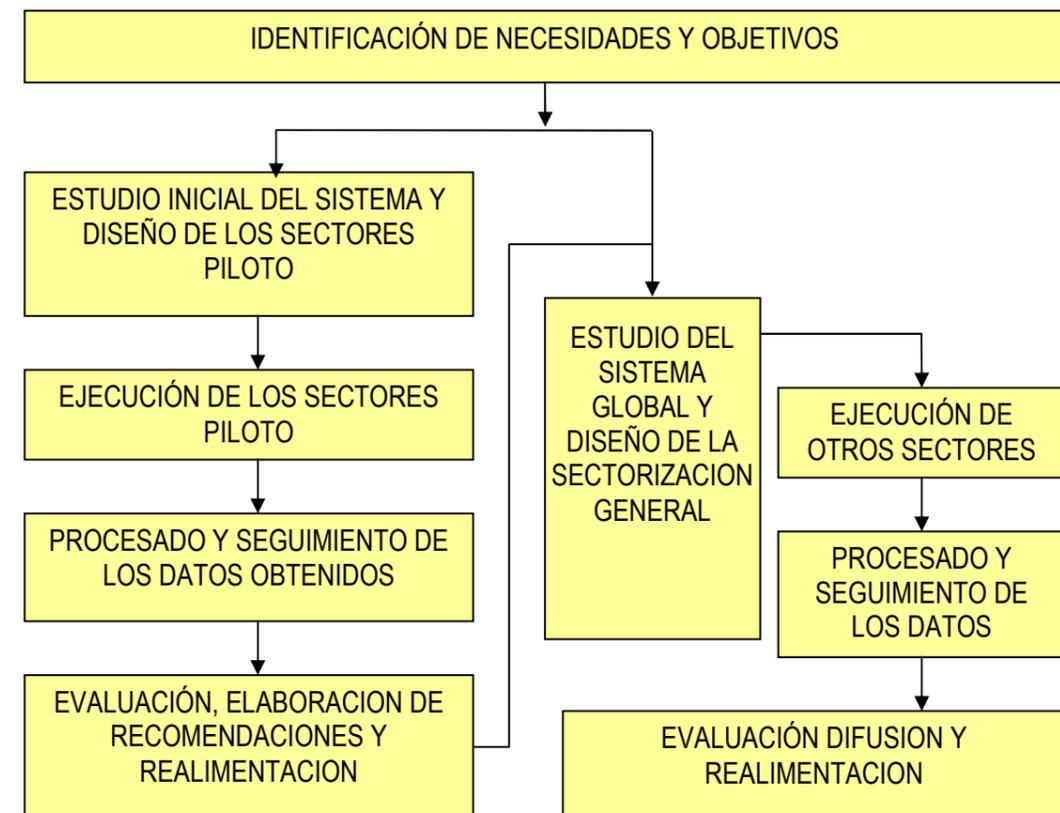
En condiciones ideales el proceso de planificación y sectorización de una red de abastecimiento de agua se plantearía dividido en una serie de etapas normalmente consecutivas, que podría describirse como se indica:



En nuestro caso este esquema ha debido adaptarse a las circunstancias y disponibilidades del momento y aprovechando la oportunidad que brinda el programa SWITCH, se ha introducido la ejecución de unos sectores piloto (S-01, S-02, S-04 y S-05), de forma paralela a la elaboración de la planificación global de la red, de manera que ha permitido observar el

funcionamiento real de los sectores y los datos obtenidos de la ejecución, funcionamiento e incidencias surgidas, han retroalimentado la planificación global.

Así pues el esquema real de funcionamiento ha sido el siguiente:



A continuación se va a describir más detalladamente las actividades efectuadas y los resultados obtenidos hasta la fecha.

### IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES Y OIBJETIVOS

En esta etapa de identificación de necesidades y determinación de objetivos se ha planteado como objetivo particular, la elaboración de un proceso de control de la red de abastecimiento de agua, como herramienta para alcanzar el objetivo

general de reducir el volumen del agua potable consumido y promover al mismo tiempo un uso más eficiente del agua.

### ESTUDIO INICIAL DEL SISTEMA Y DISEÑO DE LOS SECTORES PILOTO

A partir de la topología de la red existente, y los parámetros de partida arriba indicados, se ha diseñado la forma de los sectores, el lugar de inserción del punto de control y la determinación de las válvulas de frontera a cerrar para garantizar el cierre total del perímetro del sector.

### EJECUCIÓN DE LOS SECTORES PILOTO

Una vez definidos los parámetros de cada sector se ha procedido a instalar los puntos de control, el cierre de las válvulas de frontera, y la parametrización de los caudalímetros y los registradores de datos (data logger).

Los puntos de control instalados para la monitorización de los sectores S-01, S-02, S-04 y S-05 presentan las siguientes características básicas:

SECTOR	UBICACIÓN	TIPO	Ø
S-01	C/Luis Legaz Lacambra	Caudalímetro electromagnético ABB MAGXE Datalogger Multilog GSM/SMS	300
S-02	C/ Clara Campoamor	Caudalímetro electromagnético ABB MAGXE Datalogger Multilog GSM/SMS	300
S-04	C/ Adolfo Aznar	Caudalímetro electromagnético ABB MAGMASTER Válvula reguladora de presión Datalogger: Pegasus GSM	300
S-05	C/Pablo Neruda	electromagnético Siemens MAG 8000	300

Los datalogger se parametrizan para almacenar cada 15 minutos los datos relativos al consumo medio de los últimos 15 minutos, así como la presión media, enviando estos datos, cada 24 horas, al centro de control vía SMS.

### PROCESADO Y SEGUIMIENTO DE LOS DATOS OBTENIDOS

Una vez al día se reciben los datos en el centro de control, almacenándose los parámetros de presión y caudal medio cada periodo de 15 minutos.

El programa SCADA disponible proporciona una visualización de las curvas de datos así como listados de parámetros (presión-caudal) utilizables para el tratamiento estadístico que corresponda.

Un primer control visual de la forma de curva de caudal y presión proporciona una indicación básica de posibles anomalías en el funcionamiento (pérdidas súbitas importantes, fugas explosivas, consumos no habituales, etc.)

El control del consumo mínimo diario (en horas nocturnas) puede proporcionar una indicación del rendimiento de la red del sector (pérdidas lentas) de manera sectorial, dando una indicación básica para la planificación de mejoras de la red.

En el Sector S-04, ha sido instalada de manera experimental una válvula reguladora de presión que permite la regulación de presión aguas abajo del punto de control. En la actualidad se ha parametrizado para limitar la presión nocturna (en periodo de bajo consumo) para poder evaluar la incidencia de la presión en las fugas. En la actualidad se encuentra en periodo de evaluación de la estabilidad de la presión proporcionada por la válvula, sin haber entrado aún en la fase de procesado de datos obtenidos.

### EVALUACIÓN, ELABORACION DE RECOMENDACIONES Y REALIMENTACION

A lo largo de esta fase, junto con la recolección de datos, controles periódicos de las curvas proporcionadas por los puntos de control, se procede a detectar los niveles de funcionamiento de los puntos de control y se han dado los siguientes incidencias remarcables:

- Falta de envío de señal en algunas ubicaciones y de manera esporádica por falta de cobertura telefónica (SMS).
- Detección de escasa velocidad de paso de agua por los caudalímetros en periodos largos de tiempo (coincidiendo con periodos de poco consumo) por debajo de los límites de funcionamiento normal de los caudalímetros, con la consiguiente pérdida de exactitud en la medida.
- Dificultad de acceso a las cámaras donde se encuentran ubicados los aparatos electrónicos para su parametrización y revisión periódica, dado que son espacios confinados cuyo acceso precisa un procedimiento de seguridad adecuado (protección frente a caídas, tráfico rodado, etc.).

La experiencia de funcionamiento de estos cuatro sectores, ha permitido elaborar una serie de recomendaciones a tener en cuenta para la instalación de nuevos sectores en la red. Estas recomendaciones se reflejarán en un posterior apartado.

# SECTORES PILOTO

## SECTOR 01

Las características principales de este sector se reflejan en los planos y en la ficha de características.

- Este sector tiene una superficie de aproximadamente 42 hectáreas y es de carácter predominantemente residencial.
- Contiene una longitud de tuberías de 9.250 metros aproximadamente.
- El consumo medio estimado en la simulación previa es de 13.78 l/s y el caudal realmente medido en el periodo de 1/6/09 hasta 11/5/10 es de 15.49 l/s
- El caudal mínimo diario medio en el total del periodo es de 5.11 l/s. (de 3.85 l/seg en el periodo de datos coherentes)
- El diámetro del caudalímetro es de 300 mm.
- La velocidad media es de 0.22 m/s y la velocidad mínima media es de 0,07 m/s.

### COMENTARIOS

De los datos observados durante el periodo de 1/06/09 a 11/05/10, una vez eliminados aquellos datos fuera de tendencia debidos a problemas en los medidores (falta de comunicación, errores puntuales en sensores), roturas en la red y manipulaciones de las llaves de frontera por eventos externos, podemos remarcar los siguientes extremos:

1. Se observa una velocidad muy escasa en el sensor, lo que puede dar lugar a inexactitudes no aceptables en el caudalímetro.
2. El consumo estimado en la simulación es razonablemente cercano al realmente medido.
3. Del gráfico de caudales del sector en el periodo se observan dos periodos distintos: un primer periodo de valores de caudales dispersos, (hasta el día 1/10/09) especialmente en los máximos. La variación de caudales máximos y mínimos es de 115 a 4,80 l/s. Este fué un periodo de ajustes en la parametrización de la electrónica y de problemas de recepción de señal. Los valores obtenidos en este periodo deben ser desechados en la monitorización y procesado de datos del sector a medio y largo plazo. El segundo periodo de valores es más acorde con el comportamiento lógico del sector obteniéndose un promedio de 3,85 l/seg de caudales mínimos diarios (0,24 veces el caudal medio).
4. De los gráficos de caudales y presiones medias diarias del sector se observan episodios de incidencias que han de tenerse en cuenta para la interpretación de los datos.



**FECHA** 01/06/10

**SECTOR** 1

**AREA (Ha)** 42,12

**CONSUMO MEDIO l/s** 13,78  
\*(1 semana, lunes-domingo)

**DATOS DE SIMULACION**

**PRESIONES EN PUNTO DE ALIMENTACIÓN** m.c.a.

P. Mínima N/D

P. Media N/D

P. Máxima N/D

**ACCIONES PARA LA SECTORIZACION**

CODIGO	ACCION	PRORIDAD A = alta M = media B = baja	Fecha de ejecución
1			
1			
1			
1			
1			
1			
1			
1			
1			
1			

**CAUDALIMETRO**

**MODELO** ABB MAGXE Ø300

**UBICACIÓN** C/ Legaz Lacambra

**FECHA DE PUESTA EN MARCHA** EN FUNCIONAMIENTO

**TELEFONO**

**NOTAS**

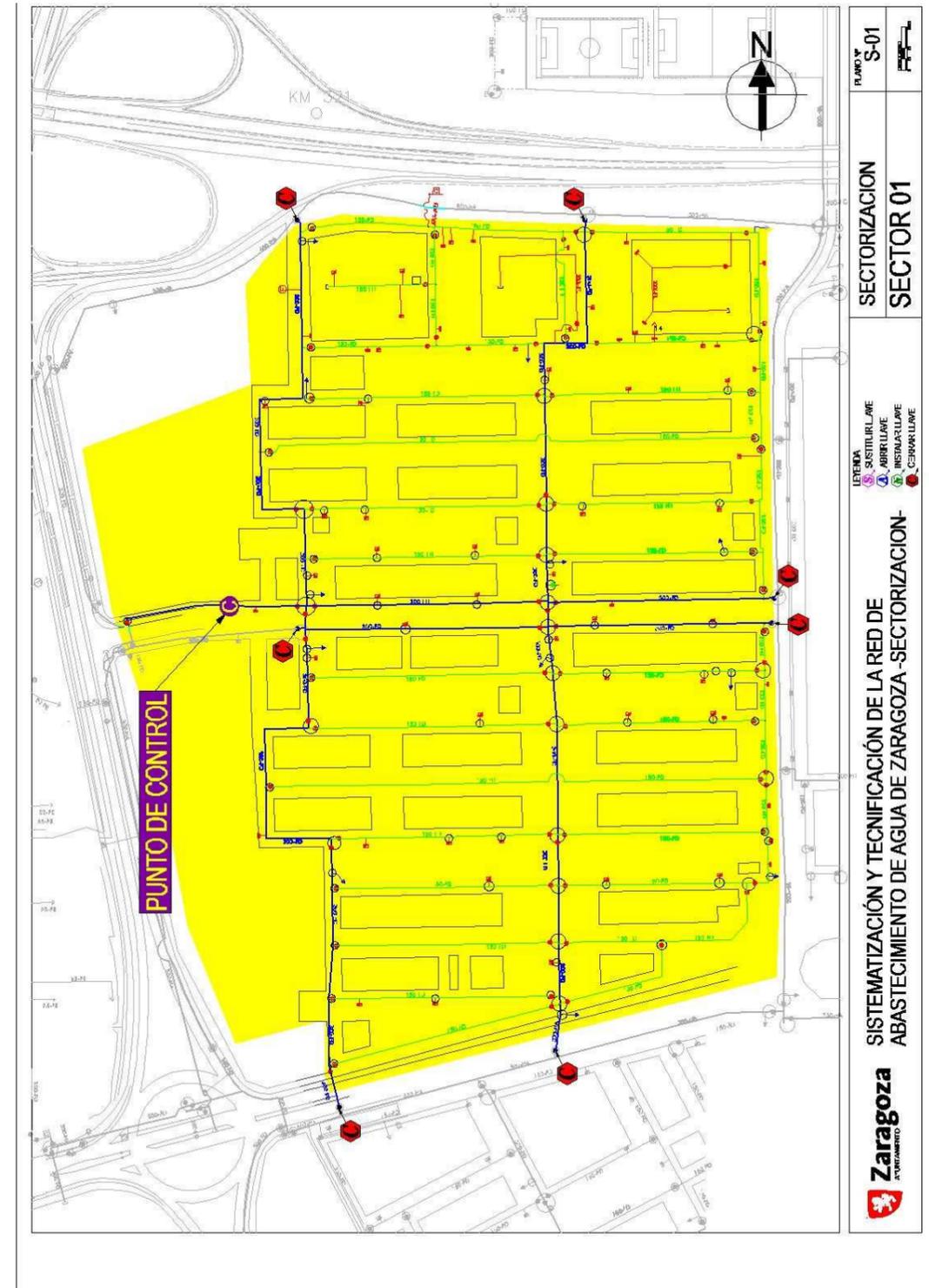
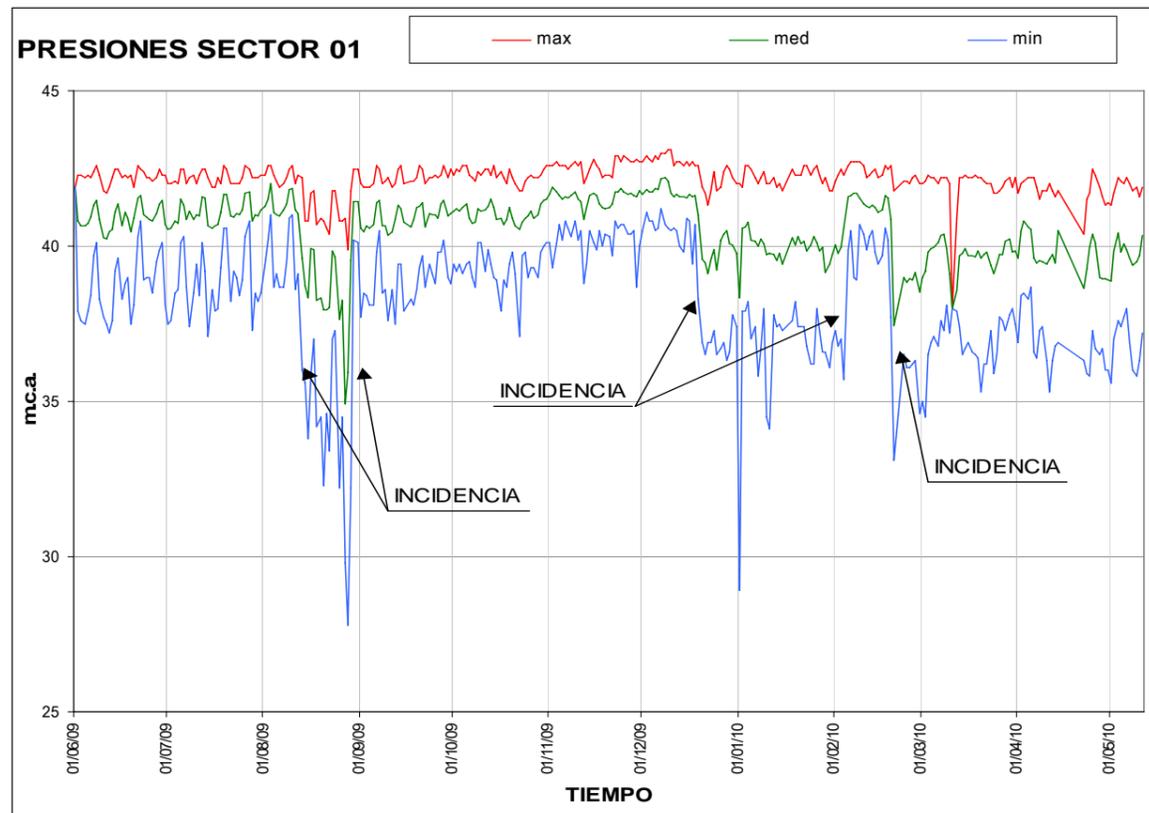
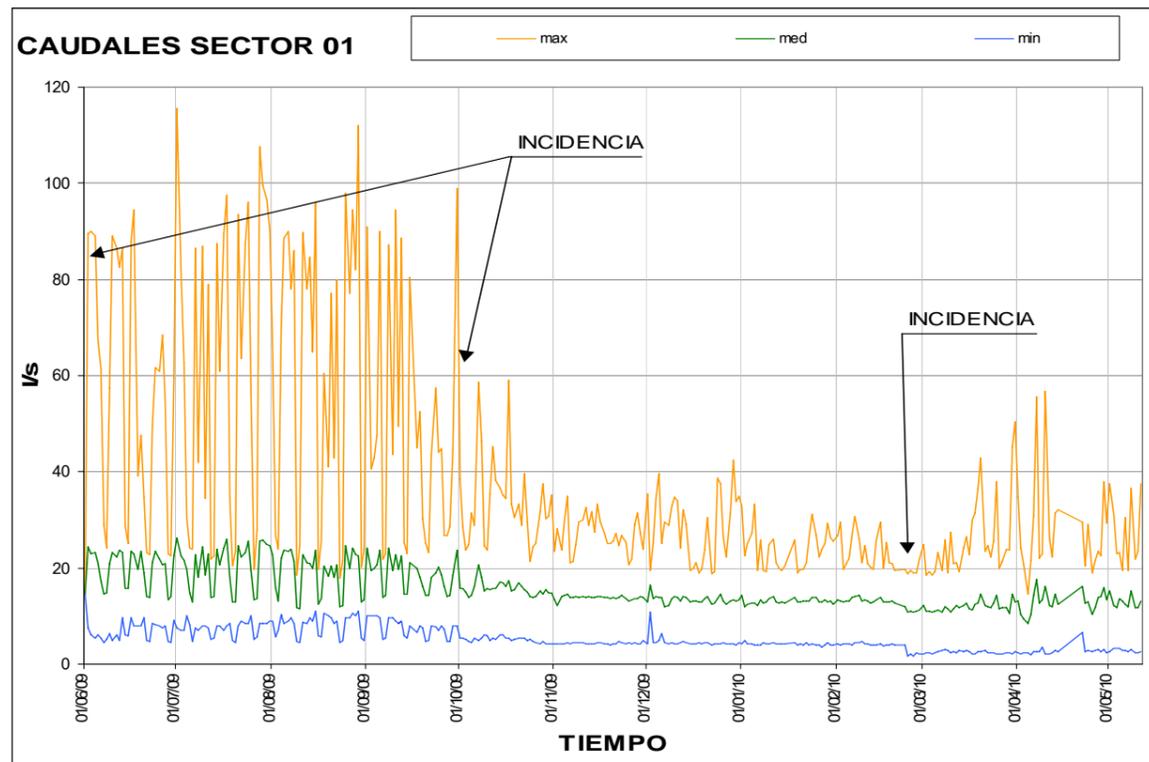
**PUNTO DE ALIMENTACION**

HORA	ALTURA PIEZOMETRICA	PRESION (m.c.a.)
0,00		
1,00		
2,00		
3,00		
4,00		
5,00		
6,00		
7,00		
8,00		
9,00		
10,00		
11,00		
12,00		
13,00		
14,00		
15,00		
16,00		
17,00		
18,00		
19,00		
20,00		
21,00		
22,00		
23,00		

**SECTOR DE PRESIÓN**

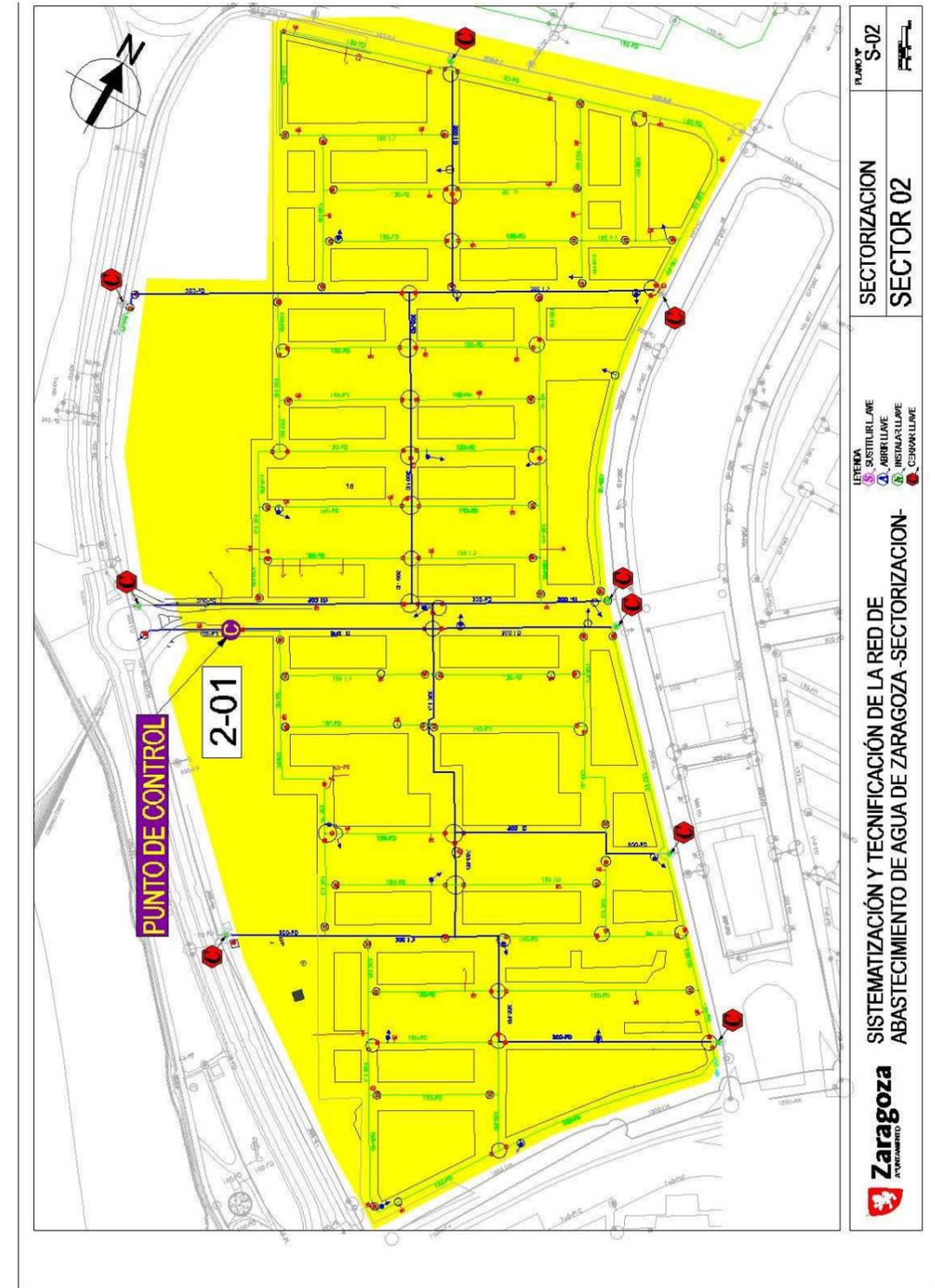
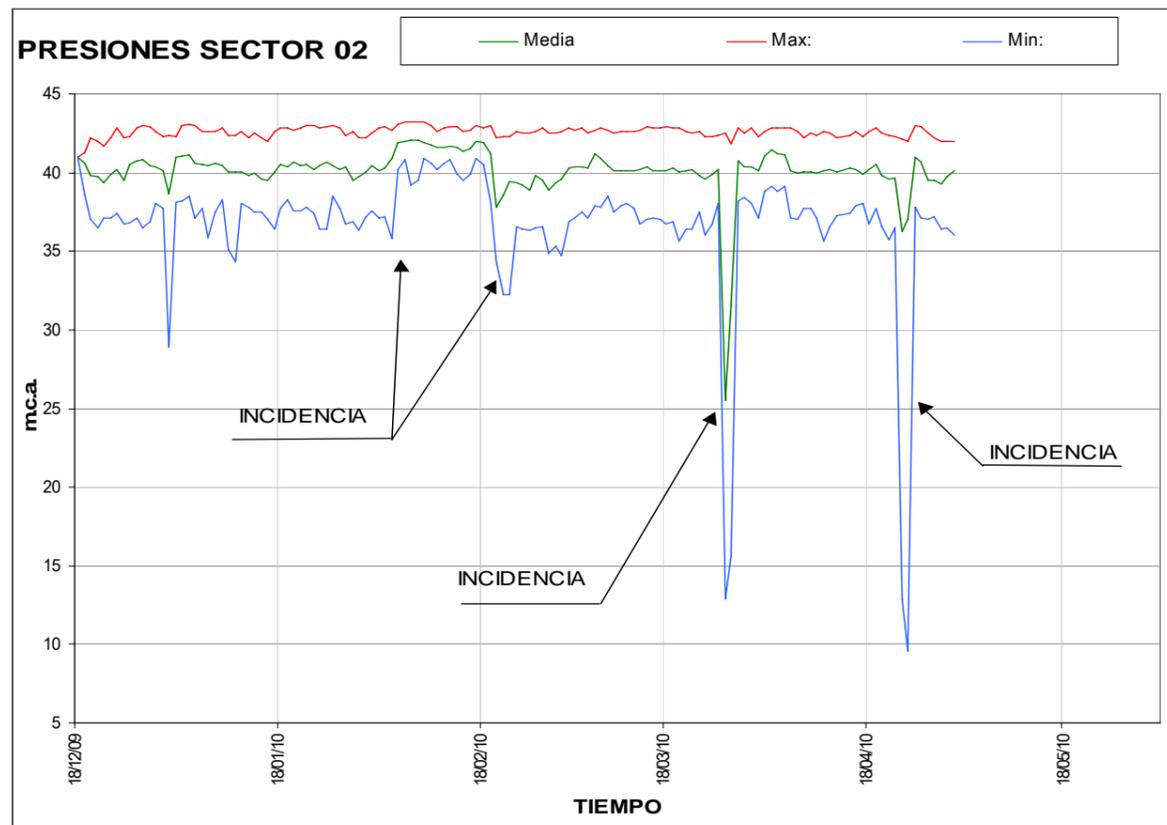
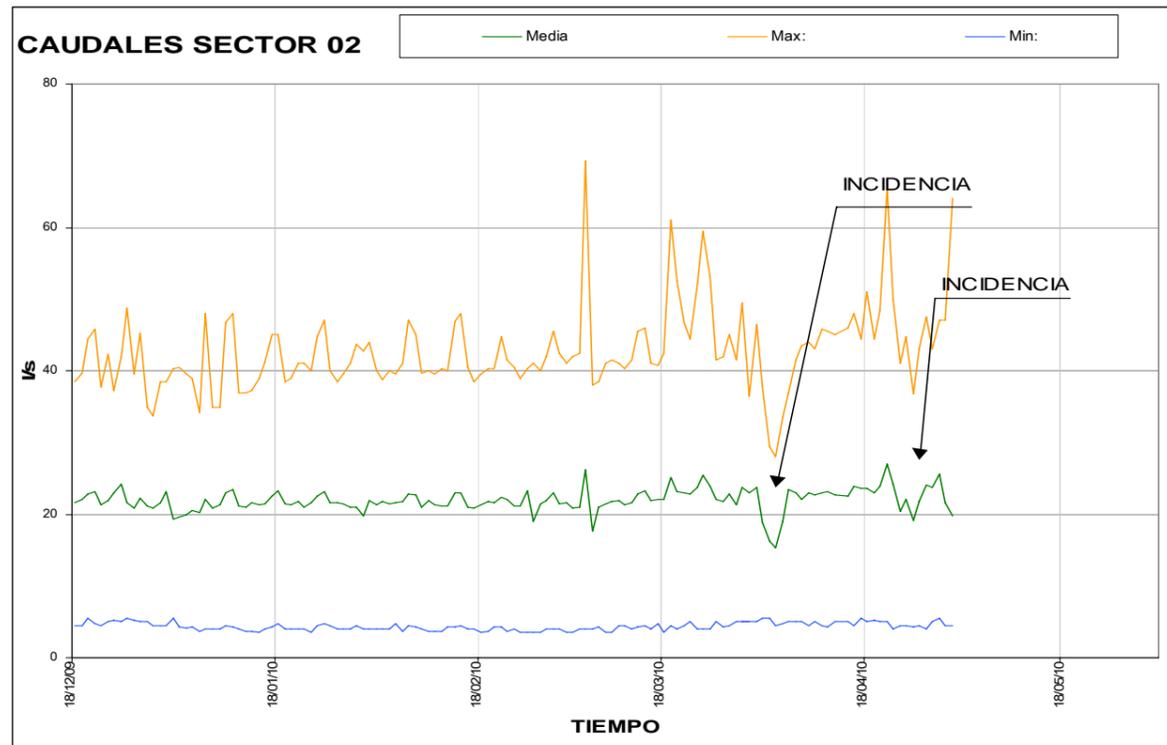
**ANTES** CASABLANCA

**DESPUES** CASABLANCA



PLANO	S-01
SECTORIZACION	SECTOR 01
SISTEMATIZACIÓN Y TECNIFICACIÓN DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE ZARAGOZA - SECTORIZACION	





**SECTOR 04**

Las características principales de este sector se reflejan en los planos y en la ficha de características.

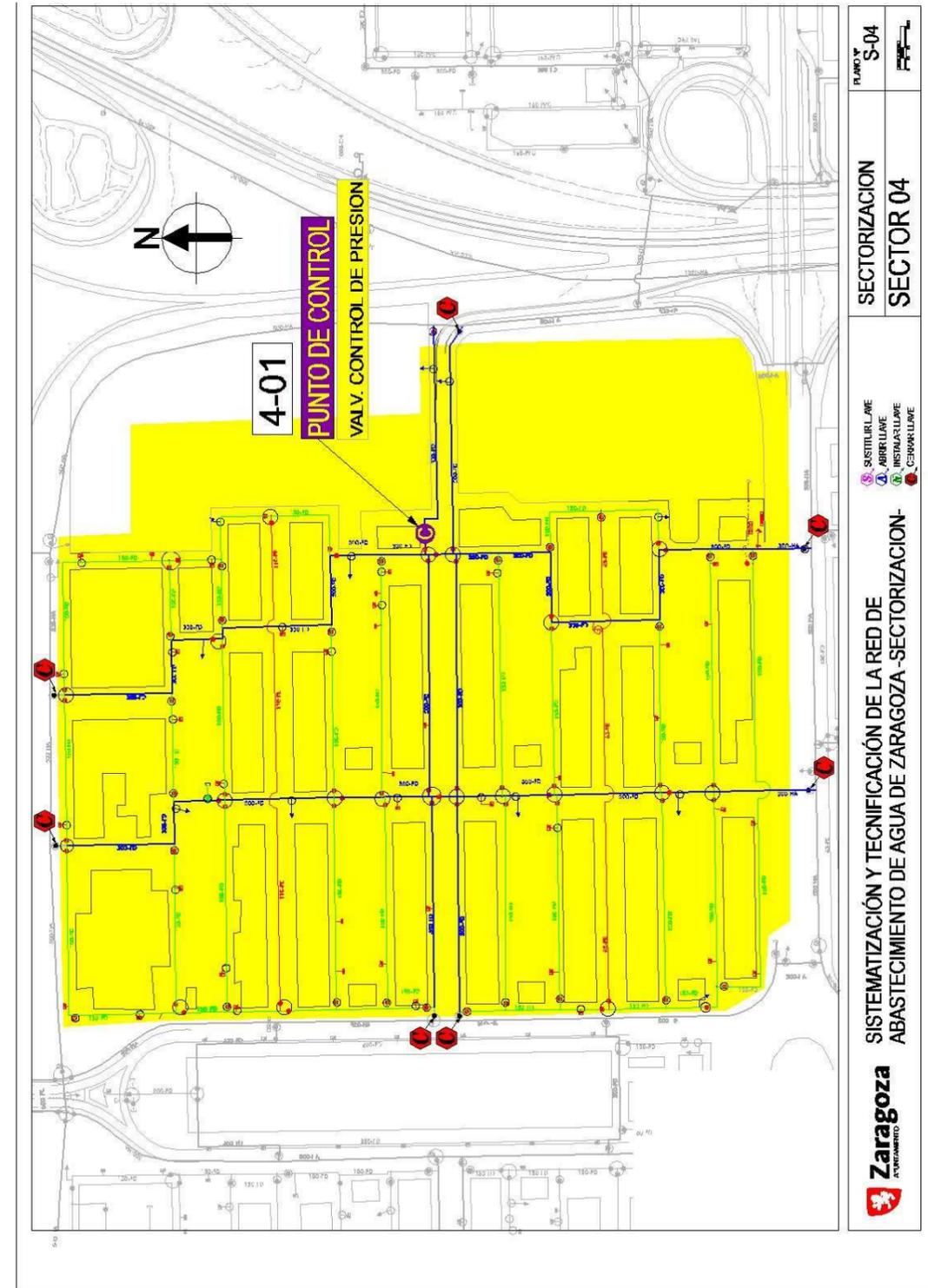
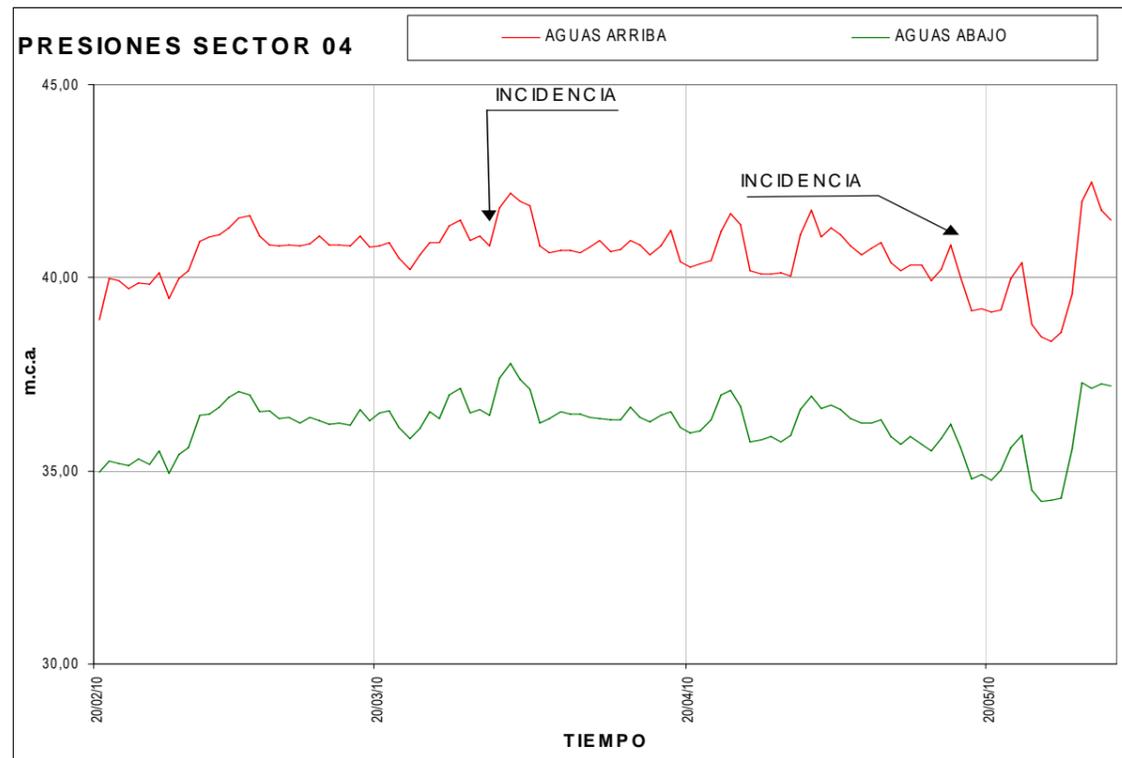
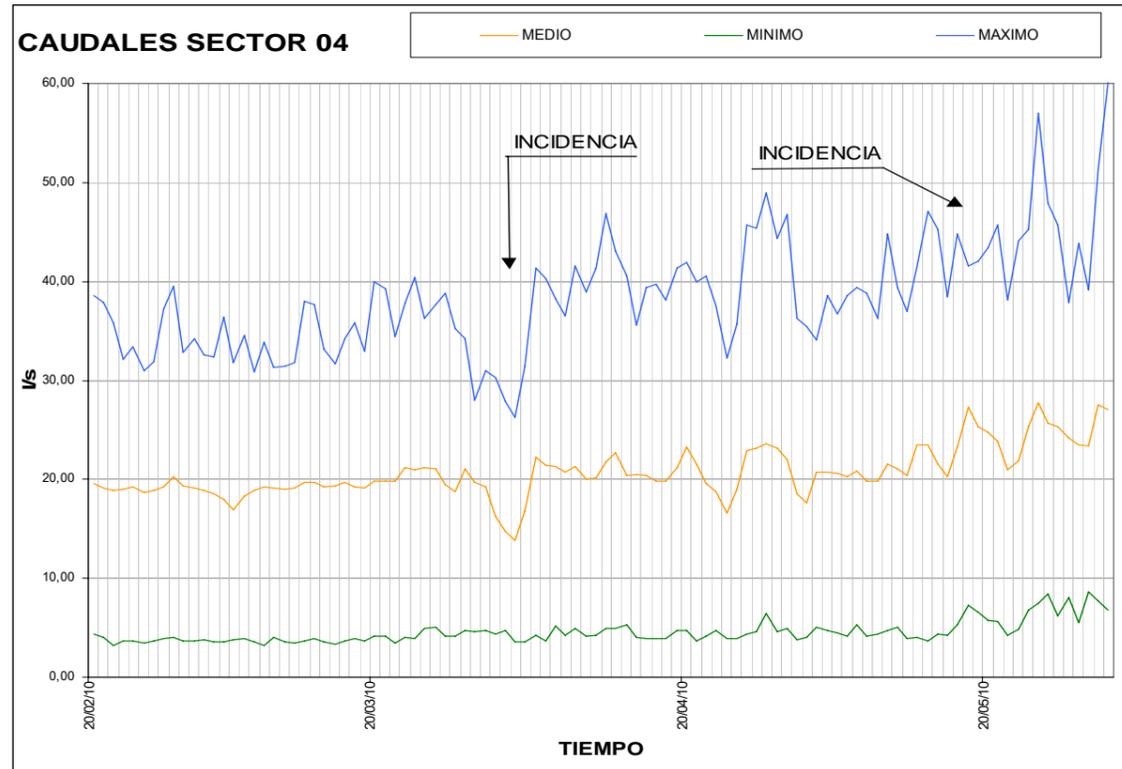
- Este sector tiene una superficie de aproximadamente 39,1 hectáreas y es de carácter predominantemente residencial.
- Contiene una longitud de tuberías de 8.675 metros aproximadamente.
- El consumo medio estimado en la simulación previa es de 31,08 l/s y el caudal medio realmente medido en el periodo de 20/02/10 hasta 1/06/10 es de 20,71 l/s
- El caudal mínimo diario medio en el total del periodo es de 4,54 l/s.
- El diámetro del caudalímetro es de 300 mm.
- La velocidad media es de 0,29 m/s y la velocidad mínima media es de 0,06 m/s.
- Ha de remarcarse que en este sector se ha instalado un a válvula controladora de presión que en la actualidad se encuentra en periodo de ajuste, únicamente limitando la presión en el periodo nocturno(0,30 h a 5,45 h) a 30 m.c.a

**COMENTARIOS**

De los datos observados durante el periodo de 20/02/10 hasta 1/06/10, una vez eliminados aquellos datos fuera de tendencia debidos a problemas en los medidores (falta de comunicación, errores puntuales en sensores), roturas en la red y manipulaciones de las llaves de frontera por eventos externos, podemos remarcarlos siguientes extremos:

1. Se observa una velocidad escasa en el sensor, lo que puede dar lugar a inexactitudes no aceptables en el caudalímetro.
2. El consumo estimado en la simulación es sensiblemente superior al realmente medido. Aspecto que precisará corregirse en el programa de simulación.
3. De los gráficos de caudales y presiones medias diarias del sector en el periodo es, en principio acorde con el comportamiento lógico del sector obteniéndose un promedio de 4.54 l/seg de caudales mínimos diarios (0,22 veces el caudal medio)..
4. De los gráficos de caudales y presiones medias diarias del sector se observan varios episodios de incidencias que tuvieron lugar en la red de las infmediaciones (cortes, roturas, etc.) que han de tenerse en cuenta para la interpretación de los datos.

FECHA		02/06/10	DATOS DE SIMULACION		
SECTOR		4	PRESIONES EN PUNTO DE ALIMENTACION		
AREA (Ha)		39.1	P. Mínima	N/D	
CONSUMO MEDIO l/s *		31,08	P. Media	N/D	
		<small>* (1 semana, lunes-domingo)</small>	P. Máxima	N/D	
ACCIONES PARA LA SECTORIZACION				NUDO DE ALIMENTACION	
CODIGO	ACCION	PRIORIDAD A = alta M = media B = baja	Fecha de ejecución	HORA	PRESION (m.c.a.)
4 01	Regular la señal del canal 02 (Caudal)	A		0,00	
4 02	conectar los datos al servidor para incluirlos en el SCADA	M	PENDE.	1,00	
4				2,00	
4				3,00	
4				4,00	
4				5,00	
4				6,00	
4				7,00	
4				8,00	
4				9,00	
<b>CAUDALIMETRO</b>				10,00	
MODELO	ABB MAGMASTER Ø200 + VALVULA REDUCTORA Ø300 + PEGASUS			11,00	
UBICACIÓN	C/ Adolfo Aznar			12,00	
				13,00	
				14,00	
				15,00	
				16,00	
				17,00	
				18,00	
				19,00	
				20,00	
				21,00	
				22,00	
				23,00	
<b>NOTAS</b>				<b>SECTOR DE PRESIÓN</b>	
NO DA SEÑAL DE RECEPCIÓN DE DATOS, ANTENA VANDALIZADA				ANTES	CASABLANCA
				DESPUES	CASABLANCA



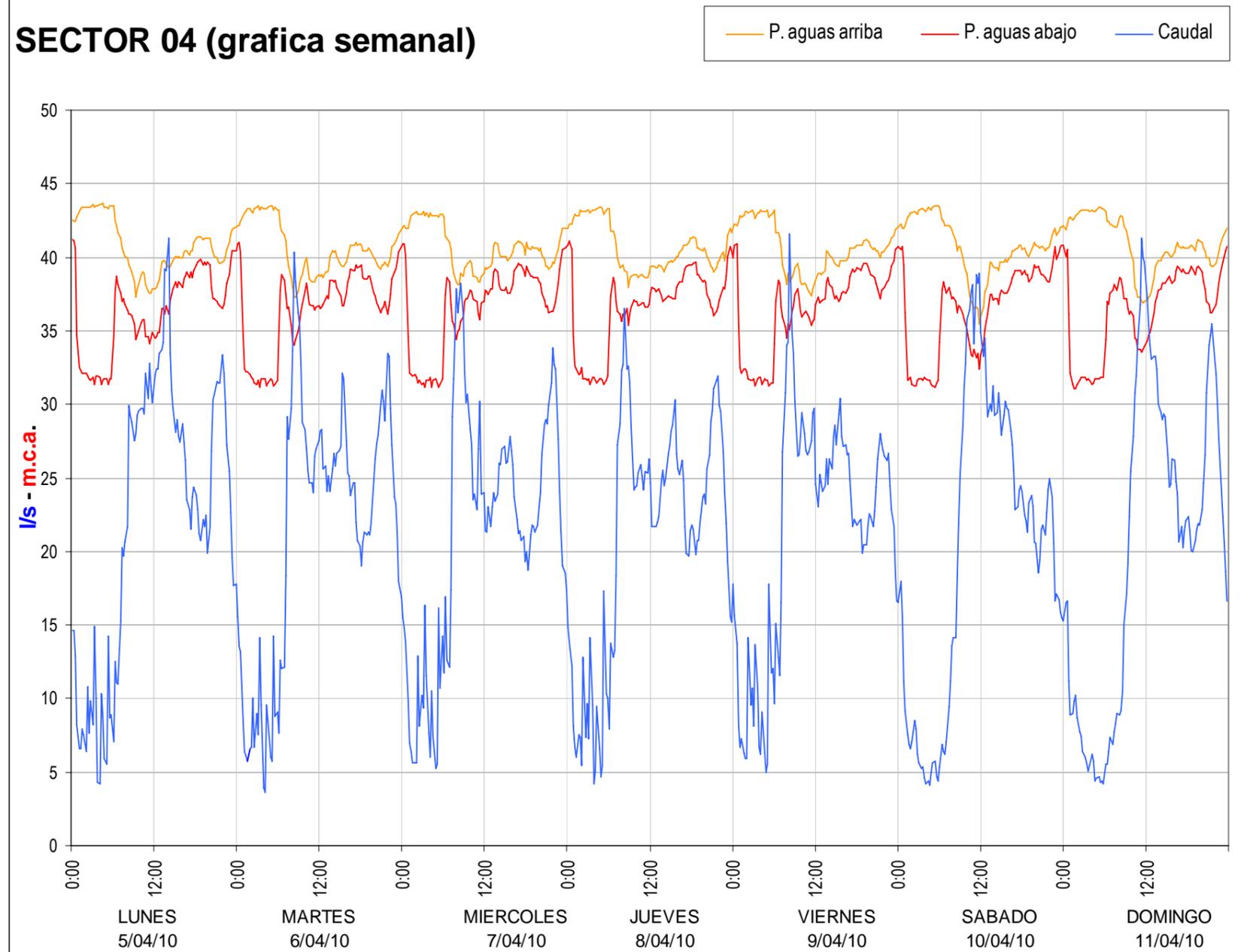
5. En el gráfico semanal se refleja por una parte la presión aguas arriba de la válvula controladora y la presión pilotada aguas abajo de la válvula.

En la actualidad el control de presión de este sector se encuentra en periodo de evaluación, habiéndose fijado inicialmente una presión objetivo aguas abajo de la válvula de 25 m.c.a, durante el periodo nocturno (de 0:30 h a 5:45 h).

Se ha observado una pérdida de estabilidad en el límite objetivo, notándose un ligero aumento de la presión estabilizada en el periodo de 6 meses estabilizándose en la actualidad a 30 m.c.a aproximadamente.

Esto indica la necesidad de efectuar un proceso de mantenimiento para recalibrar la válvula controladora periódicamente (al menos una vez al año).

### SECTOR 04 (grafica semanal)



## SECTOR 05

Las características principales de este sector se reflejan en los planos y en la ficha de características.

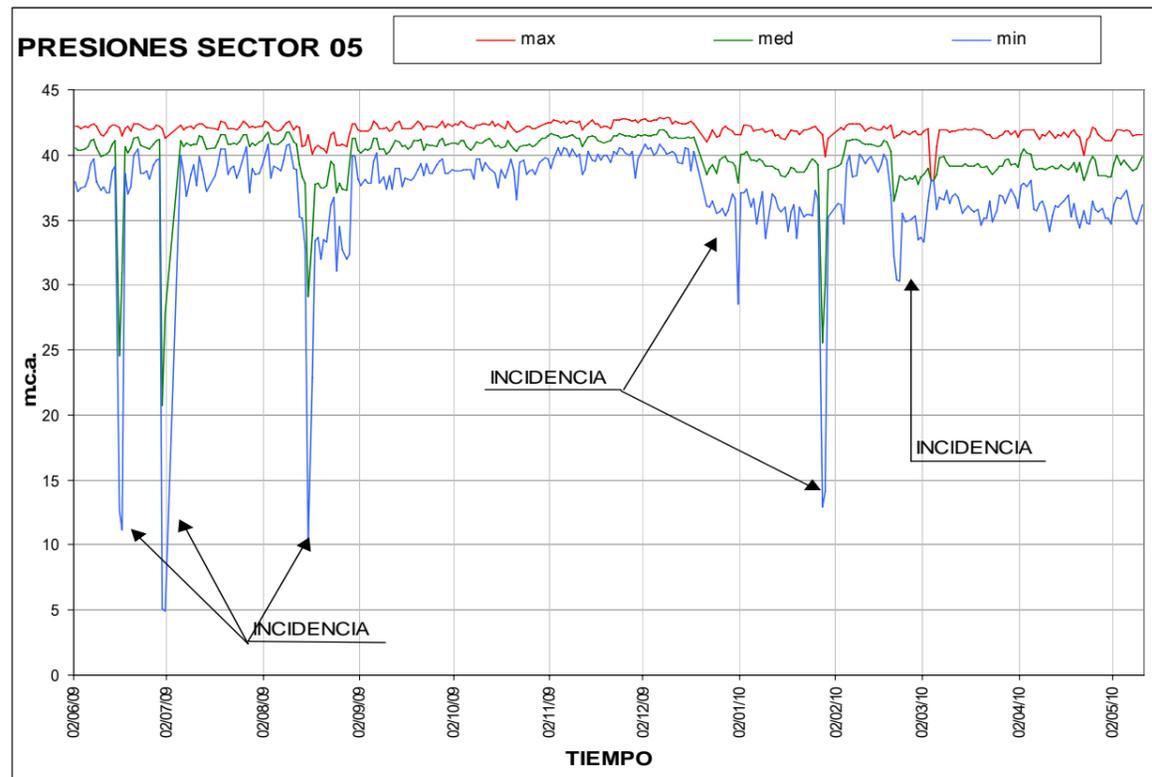
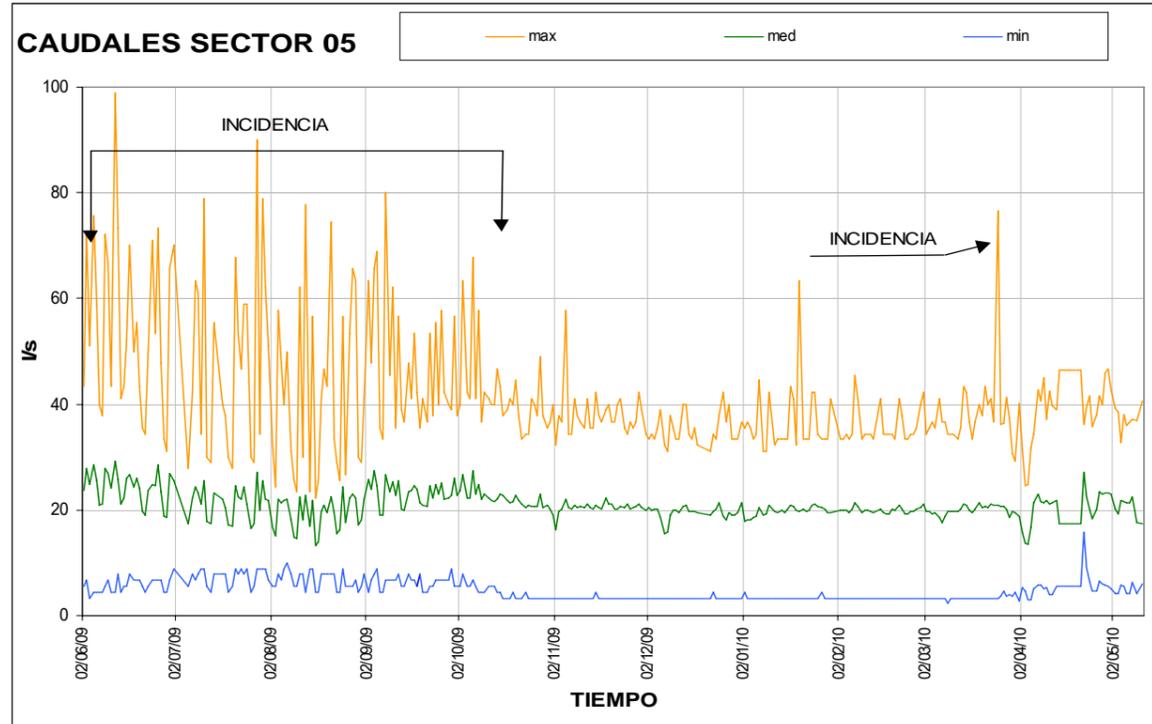
- Este sector tiene una superficie de aproximadamente 37,6 hectáreas y es de carácter predominantemente residencial.
- Contiene una longitud de tuberías de 8.870 metros aproximadamente.
- El consumo medio estimado en la simulación previa es de 37,3 l/s y el caudal medio realmente medido en el periodo de 1/06/09 a 11/05/10 es de 20,89 l/s
- El caudal mínimo diario medio en el total del periodo es de 4.82 l/s. (de l/seg en el periodo de datos coherentes)
- El diámetro del caudalímetro es de 300 mm.
- La velocidad media es de 0,34 m/s y la velocidad mínima media es de 0,08 m/s.

### COMENTARIOS

De los datos observados durante el periodo de 18/12/09 a 1/05/10, una vez eliminados aquellos datos fuera de tendencia debidos a incidencias observadas tales como problemas en los medidores (falta de comunicación, errores puntuales en sensores), roturas en la red y manipulaciones de las llaves de frontera por eventos externos, podemos remarcarlos siguientes extremos:

1. Se observa una velocidad escasa en el sensor, lo que puede dar lugar a inexactitudes no aceptables en el caudalímetro.
2. El consumo estimado en la simulación es sensiblemente superior al realmente medido. Aspecto que precisará corregirse en el programa de simulación.
3. Del gráfico de caudales del sector en el periodo de valores es, en principio acorde con el comportamiento lógico del sector obteniéndose un promedio de 4,82 l/seg de caudales mínimos diarios (0,23 veces el caudal medio)..
5. Del gráfico de caudales del sector en el periodo se observan dos periodos distintos: un primer periodo de valores de caudales dispersos, (hasta el día 07/07/09) especialmente en los máximos. La variación de caudales máximos y mínimos es de 98.89 a 4,45 l/s. Este fué un periodo de ajustes en la parametrización de la electrónica y de problemas de recepción de señal. Los valores obtenidos en este periodo deben ser desechados en la monitorización y procesado de datos del sector a medio y largo plazo. El segundo periodo de valores es más acorde con el comportamiento lógico del sector obteniéndose un promedio de 4,73 l/seg de caudales mínimos diarios (0,23 veces el caudal medio de 20,54 l/s.). Este comportamiento ha sido similar al del sector S-01.

Zaragoza		AREA DE INFRAESTRUCTURAS Y PARTICIPACION CIUDADANA		Sección de Cartografía y Explotación de Redes	
E EXPLOTACIÓN DE REDES Y CARTOGRAFÍA					
	FECHA	04/06/10	<b>DATOS DE SIMULACION</b>		
	SECTOR	5	PRESIONES EN PUNTO DE ALIMENTACION		
	AREA (Ha)	37.6	P. Mínima	m.c.a	
	CONSUMO MEDIO l/s *	37,3	P. Media	N/D	
			P. Máxima	N/D	
<b>ACCIONES PARA LA SECTORIZACION</b>					
CODIGO	ACCION	PRIORIDAD A = alta M = media B = baja	Fecha de ejecución	NUDO DE ALIMENTACION	
5				HORA	PRESION (m.c.a.)
5				0,00	
5				1,00	
5				2,00	
5				3,00	
5				4,00	
5				5,00	
5				6,00	
5				7,00	
5				8,00	
5				9,00	
				10,00	
				11,00	
				12,00	
				13,00	
				14,00	
				15,00	
				16,00	
				17,00	
				18,00	
				19,00	
				20,00	
				21,00	
				22,00	
				23,00	
<b>CAUDALIMETRO</b>					
MODELO	SIEMENS MAG 8000				
UBICACION	C/ Pablo Neruda				
FECHA DE PUESTA EN MARCHA	EN FUNCIONAMIENTO				
TELEFONO					
<b>NOTAS</b>					
<b>SECTOR DE PRESIÓN</b>					
ANTES	CASABLANCA				
DESPUES	CASABLANCA				
ANEXO 4: SECTORES ESTUDIADOS					
S-01/1					



## RECOMENDACIONES Y BUENAS PRÁCTICAS

A la vista de la experiencia obtenida con los cuatro sectores piloto, se ha llegado a una serie de conclusiones respecto de las características básicas de los puntos de control a instalar, parametrización, procedimientos de funcionamiento, adaptados a las características de la red, las disponibilidades y organización de los servicios de la ciudad de Zaragoza.

Parte de estas conclusiones podrían ser exportables y de utilidad para otras ciudades que se planteen la sectorización como herramienta de monitorización, control y mejora del rendimiento de la red de abastecimiento de agua.

### A.- PROCEDIMIENTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED

En el presente apartado se hace un estudio previo de las actuaciones puntuales necesarias para la adaptación de la red a la sectorización. La relación no pretende ser exhaustiva ni excluyente dado que la determinación de las actuaciones que hayan de ejecutarse precisa un estudio más detallado sector por sector, incluyendo la inspección "in situ" de los elementos de la red para determinar en cada caso el estado de las válvulas de corte que son necesario accionar para el aislamiento de cada sector.

El proceso de puesta en marcha de la sectorización incluye un protocolo de actuación que puede describirse en términos generales de la siguiente manera:

#### ESTUDIO INICIAL

1. Determinación de las áreas susceptibles de ser sectorizadas, en función de la topología de la red existente, materiales y estado de conservación de la red y características de los escalones de presión servidos por los diversos depósitos y estaciones de bombeo.
2. Estudio pormenorizado de cada sector con la determinación teórica de las llaves que aislarán el sector del resto de la red y del punto de alimentación previsto y de las conexiones alternativas para el caso de necesidad.
3. Determinación inicial de las adaptaciones de la red existente necesarias para el correcto funcionamiento del sector, procurando evitar "fondos de saco", que puedan originar excesivas retenciones de agua en al red.
4. Simulación de las condiciones de presión actual y futura, comprobando la existencia de unos parámetros mínimos de calidad del servicio de abastecimiento a cada sector. En su caso modificación de la determinación inicial de la geometría y alimentación del sector en estudio.

5. Previsiones de actuaciones en cada sector en cuanto a la necesidad de instalación de nuevas llaves de corte, sustitución de aquellas llaves de las que se tiene información de su estado deficiente (mediante información proporcionada por la unidad de guardallaves del Servicio).
6. Previsiones de sustitución, reordenación o instalación de los tramos de red necesarios para el correcto funcionamiento del sistema.
7. Previsiones de manipulación necesaria de llaves (apertura, cierre, etc.) para la puesta en funcionamiento del sector.
8. Elaboración de la información gráfica y escrita del resultado del estudio previo plasmada en
  - Planos de planta del sector con indicación básica de su geometría, manipulación de llaves, y actuaciones puntuales de adaptación
  - Planos de los resultados de la simulación en cuanto a presiones máximas y mínimas actuales y futuras.
  - Ficha de reflejo de los datos del sector: superficie, caudal medio estimado, actuaciones priorizadas de adaptación (no exhaustiva), datos del punto de control (tipo de caudalímetro, nº de teléfono, situación, etc.)
  - Datos iniciales estimados para la simulación.

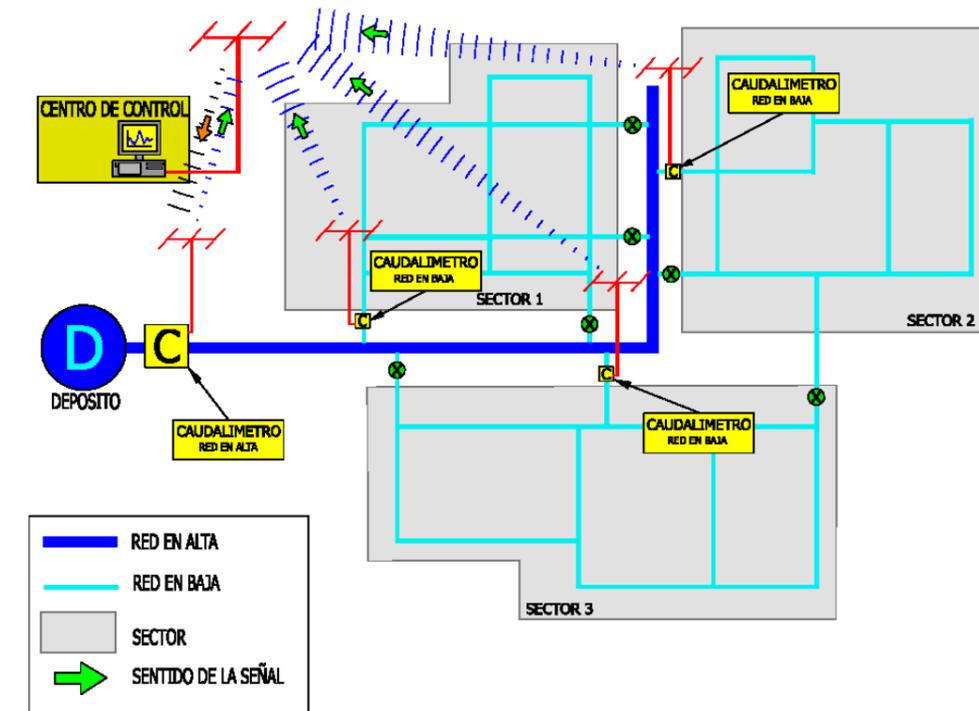


### MATERIALIZACIÓN

1. Comprobación "in situ" del estado de la red, determinación del estado de las válvulas a operar, apertura y cierre controlado, comprobación de presiones, fugas, etc.
2. Determinación definitiva de las llaves a sustituir.
3. Ejecución del punto de control: obra civil, fontanería, obra eléctrica.
4. Ejecución de las actuaciones de adaptación necesarias (imprescindibles aquellas de prioridad "Alta"), sustitución de llaves, ejecución de nuevas llaves de corte, tramos de tubería necesarios, etc.
5. Manipulación controlada de las llaves para la puesta en funcionamiento de la sectorización.
6. Control y seguimiento de posibles disfunciones: fallos en suministro, pérdidas no contabilizadas de presión, etc.
7. Integración de los datos suministrados en la aplicación SCADA

### MANTENIMIENTO

1. Vigilancia y seguimiento de la información proporcionada e integrada en el SCADA.
2. Mantenimiento de los puntos de control (inspecciones periódicas, resolución de incidencias, etc.)
3. Utilización de los datos suministrados para el control de consumos no contabilizados, detección de disfunciones, fugas, etc. así como su integración en el sistema de simulación de la red existente.
4. Proceso de actualización continua y mejora en el acceso a los datos, control de consumos, planificación de la red, etc..



**ESQUEMA DEL SISTEMA DE SECTORIZACION**

## **B.- PARÁMETROS UTILIZADOS PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA SECTORIZACIÓN**

Estas recomendaciones se efectúan para ser tenidas en cuenta en los proyectos de instalación y/o renovación de redes de abastecimiento en la ciudad de Zaragoza, en el caso de que afecten a la ubicación de un punto de control previsto en la sectorización de la red.

### **SECTORIZACIÓN**

La sectorización de la red de abastecimiento implica el establecimiento de dos redes, una en alta compuesta de tuberías de gran diámetro (iguales o mayores de 300 mm.) y otra de distribución con diámetros pequeños (iguales o inferiores a 300 mm.).

Cada sector que se establezca debe tener como mínimo dos conexiones con la red en alta, a través de un tramo corto de tubería de al menos 300 mm. de diámetro. En uno de estos tramos se instalará un caudalímetro y en todos ellos se dispondrá una válvula de corte que aisle el sector con la red de alta.

En la definición del sector, se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

1. Topología de la red de distribución
2. Número equivalente de habitantes:                   En torno a 12.000 habitantes
3. Consumo de cálculo por habitante y día:       => 250 l/hab. día
4. Factor punta :   2.5 veces el consumo medio
5. Factor de consumo mínimo:                        0.20 veces el consumo medio
6. Si es posible el sector dispondrá de una tubería de 300 mm. de diámetro en todo su contorno.
7. Se efectuará una simulación en cada sector para conocer la suficiencia de partida de la conexión para abastecer al sector.

### **PUNTO DE CONTROL**

#### **COMPONENTES DE LA INSTALACION**

El sistema de medición de caudales que se propone, se compone de un caudalímetro electromagnético que mide los parámetros principales del flujo de agua, tales como caudal, velocidad, dirección de la vena líquida, volumen acumulado, etc. No obstante a nuestros efectos únicamente utilizaremos el caudal medio resultante por tramos de 15 minutos.

Los datos mencionado se transmiten al registrador-comunicador ("datalogger"), que envía todos los datos a la central una vez al día, mediante SMS.

El sistema se complementa con una toma manométrica en la tubería que transmite la señal al registrador.

El caudalímetro deberá disponer de batería para al menos 5 años y un registrador de datos ("data logger") GSM/SMS con batería para 5 años que almacene cada 15 minutos el consumo medio del periodo y la presión. Cada 24 horas enviará estos datos al centro de control mediante mensaje telefónico SMS.

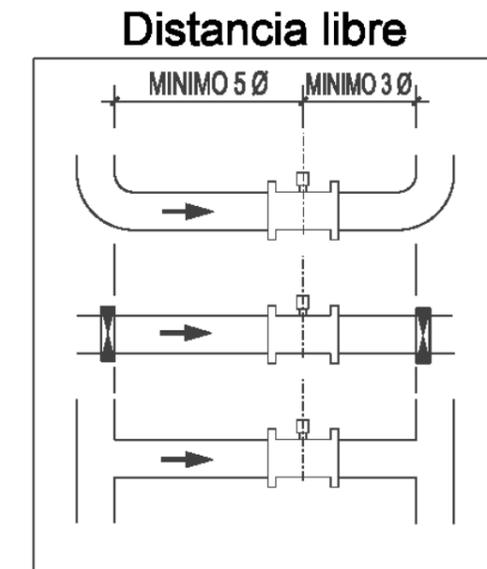
### **INSTALACIÓN**

El caudalímetro se diseñará para una velocidad mínima de 0.25 m/seg. para que ésta se encuentre dentro de los parámetros correctos de exactitud de la medición de caudales del aparato. Todo ello siempre que la pérdida de carga que implique la reducción de diámetro sea asumible por la red.

En principio para la mayoría de los sectores previstos en el sistema de la ciudad de Zaragoza, ha resultado suficiente la instalación de caudalímetros de Ø 200 mm.

El caudalímetro debe estar dispuesto entre dos válvulas de corte ubicadas a una distancia adecuada para poder efectuar reparaciones o sustituciones sin cortar un excesivo tramo de tubería y en cualquier caso sin cometidas ni tomas en ese tramo. Durante dichos cortes, se abrirán las válvulas de un punto de conexión alternativo del sector para evitar innecesarios desabastecimientos a los puntos de consumo.

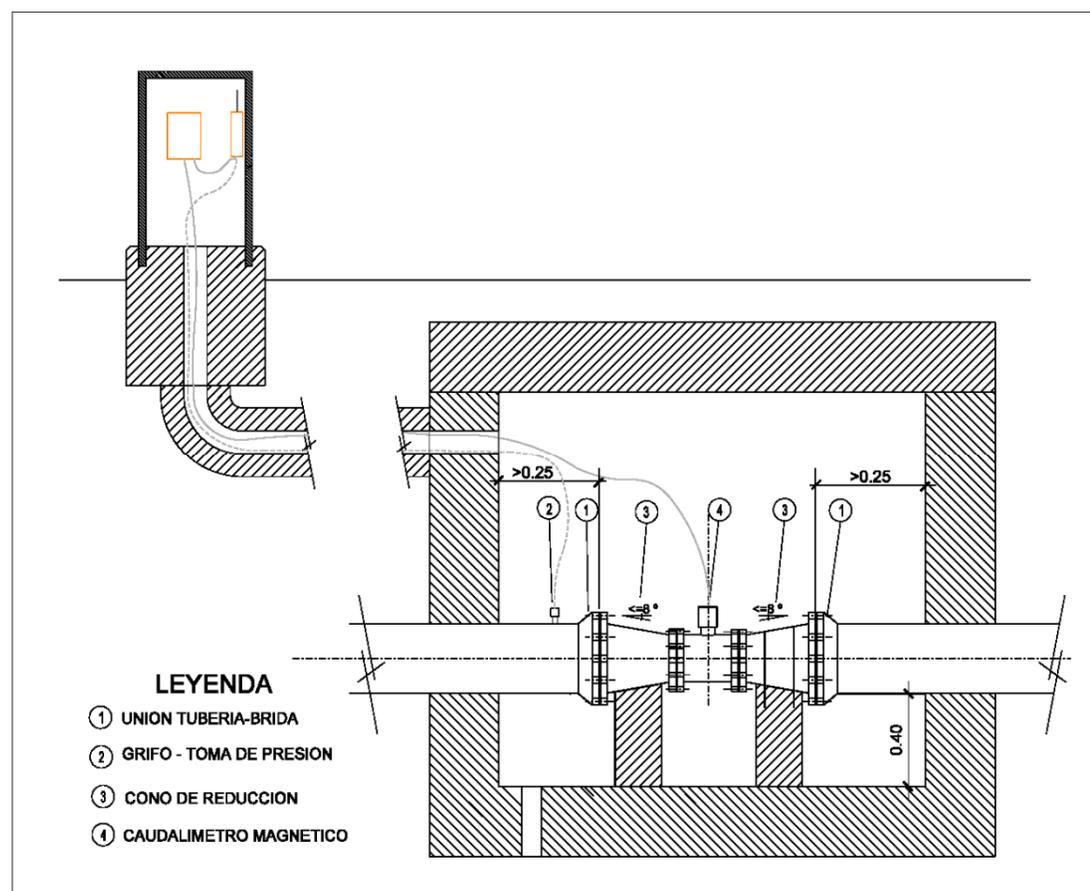
Se recomienda que las llaves de corte se instalen fuera de la arqueta de la que contenga el caudalímetro para evitar desplazamientos en las piezas



de las tuberías, en casos de manipulación de las piezas del montaje, debidos a la presión y a una escasa sujeción de las mismas.

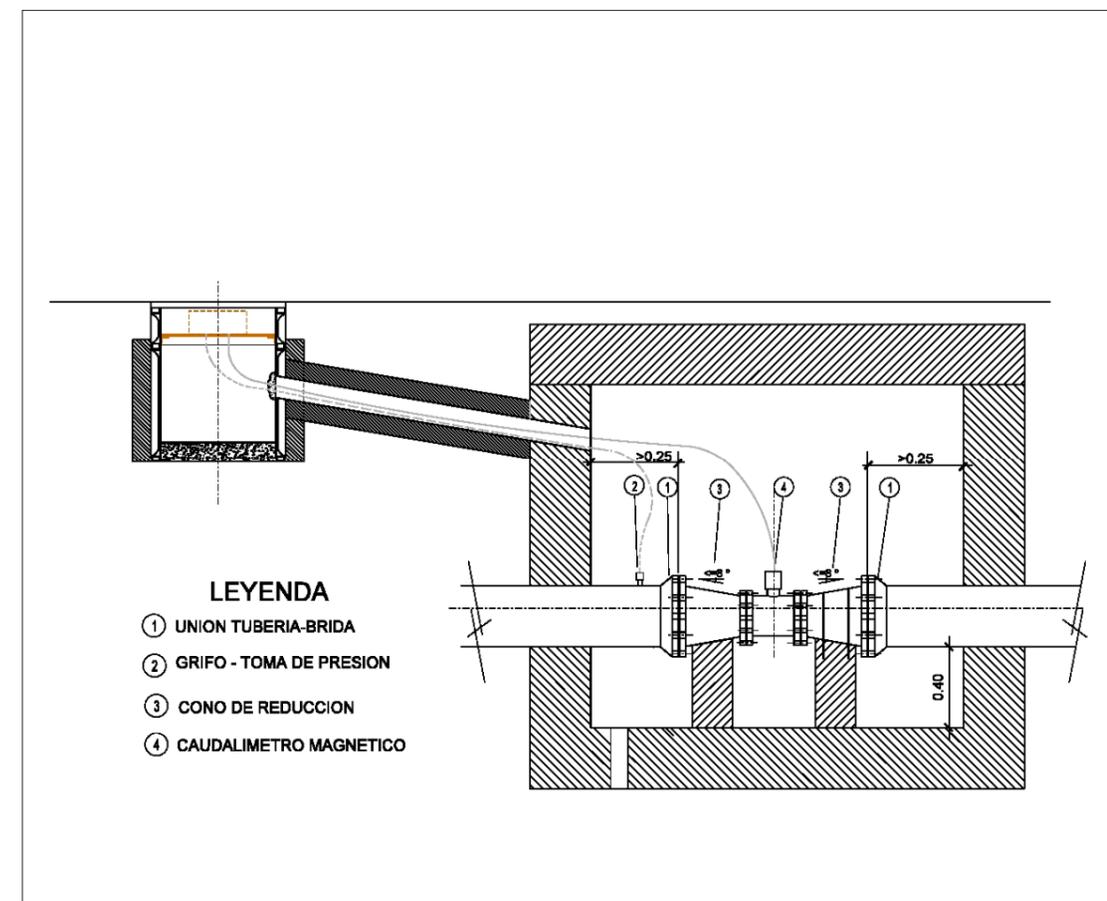
En el montaje del caudalímetro hay que dejar al menos unas longitudes libres de piezas que supongan una perturbación apreciable del flujo de corriente de agua (codos, "tes", llaves, etc.). de 5 veces el diámetro del caudalímetro en el sentido de la fuente de la corriente de agua y de 3 veces el diámetro en el opuesto

**MONTAJE TIPO**



En la mayoría de los casos el caudalímetro se dispondrá entre sendos conos de reducción, cuyo ángulo de abertura será de 8° o menor, para evitar excesivas turbulencias. Además se instalará un grifo de toma de presión en la tubería.

Como caso característico en tuberías de Ø 300 mm. el diámetro del caudalímetro será de 200 mm., instalado entre conos de reducción 300/200, todo ello en una arqueta de 1,50 x 2,00 m. (fig. 2).



La instalación de la electrónica y del registrador se realizará en una ubicación distinta de la arqueta donde se ubique el caudalímetro.

Esta ubicación podrá preferentemente (si la situación lo permite) dentro de un armario elevado con dimensiones similares a las que se indican en la figura 3 o dentro de una pequeña arqueta de tapa no metálica con cierre, de dimensiones interiores adecuadas para la instalación, drenaje inferior y ubicación de la electrónica al menos a 15 cm del suelo de la arqueta.

### UNIDADES DE OBRA

Las unidades de obra específicas que, además de las habituales de demoliciones excavación, relleno, arqueta principal de hormigón armado, carrete de desmontaje, conos de reducción, "tes", grifo de toma, reposición de pavimentos, etc., que compondrán la instalación serán las siguientes:

Unidad de medición:

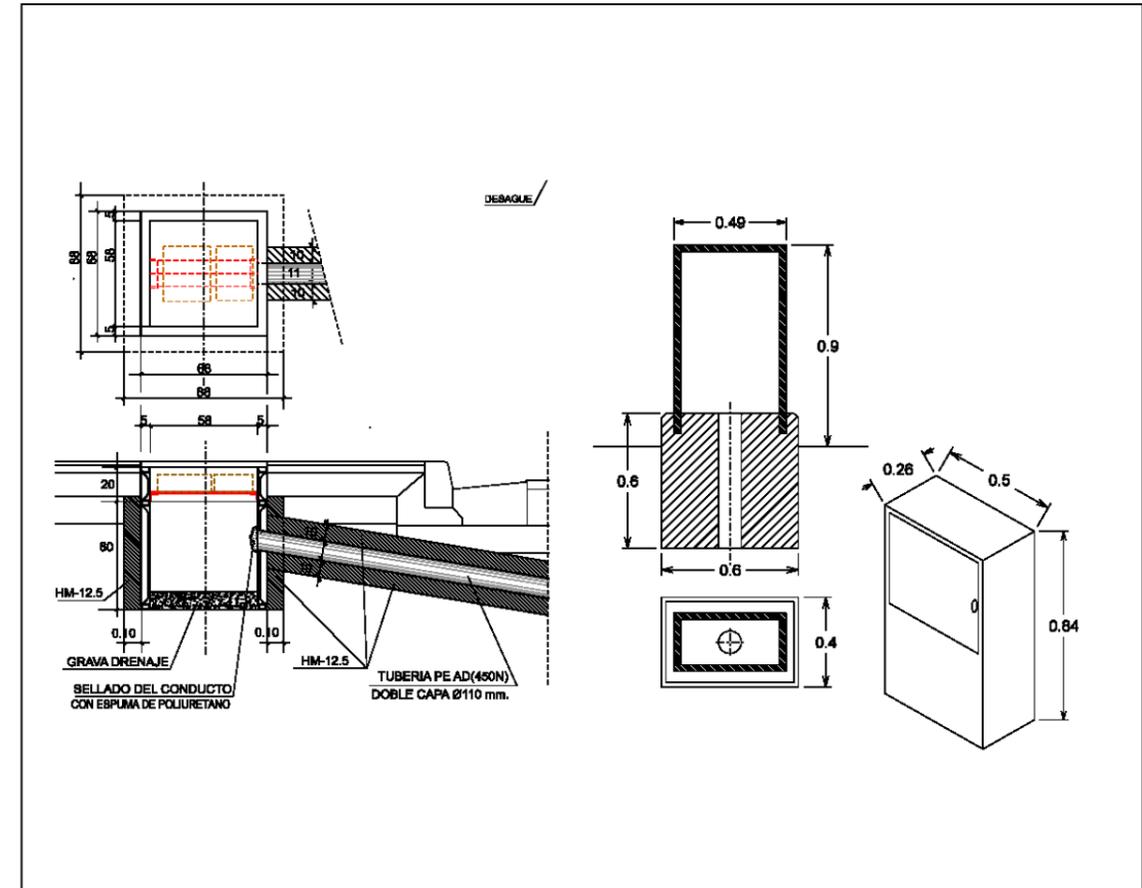
Ud. de caudalímetro electromagnético digital, (de X mm. de diámetro), con batería para 6 años y electrónica separada, incluso registrador de datos tipo GSM/SMS o similar, con batería para cinco años y capacidad para almacenar cada 15 minutos los datos relativos al consumo medio de los últimos 15 minutos, así como la presión media, enviando estos datos, cada 24 horas, al centro de control vía SMS, incluidos anillos de toma de tierra, toma de presión en tubería, tubo flexible de presión para conexión a registrador y accesorios. Totalmente instalado parametrizado, probado y en funcionamiento.

Armario de electrónica

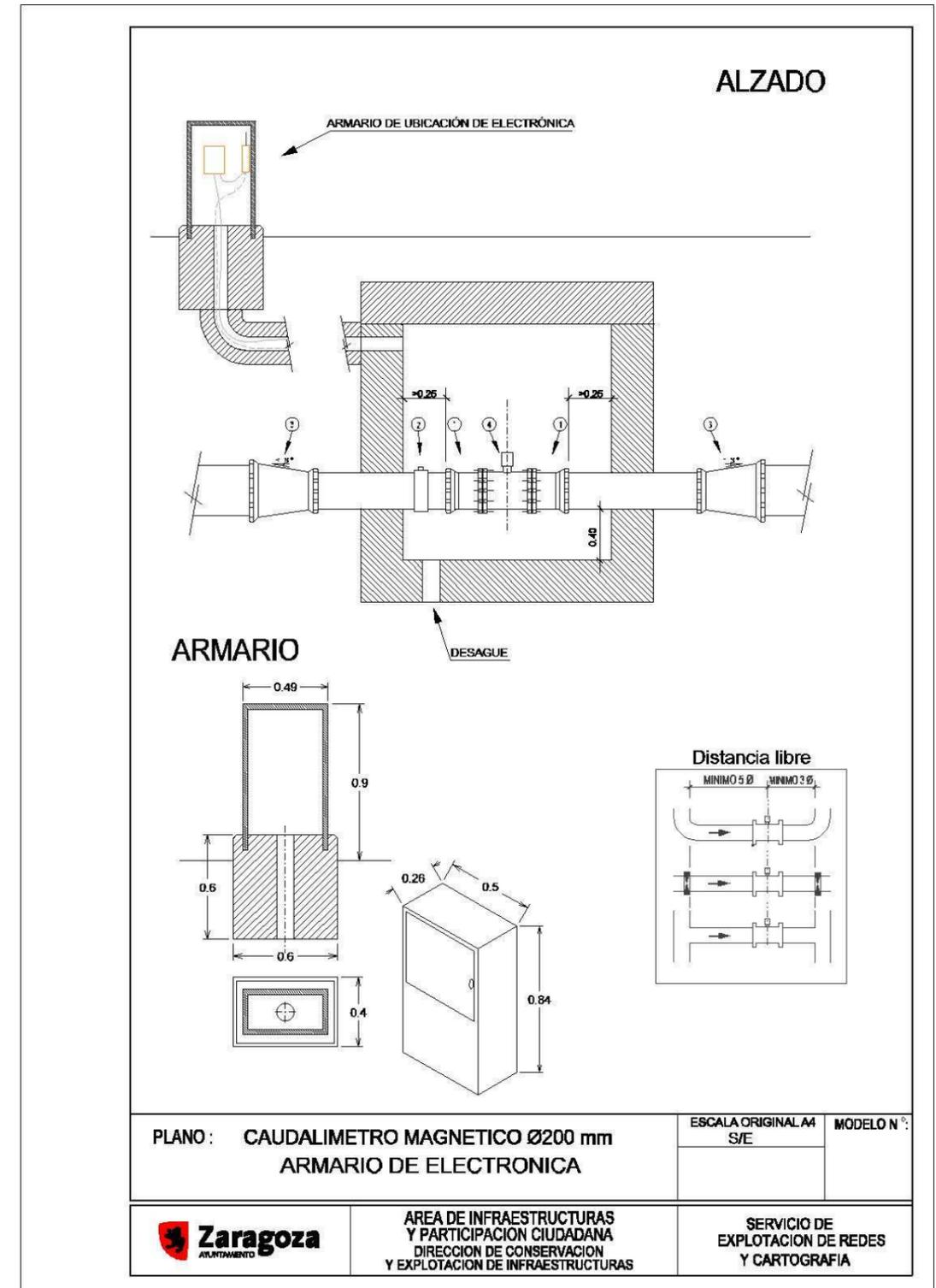
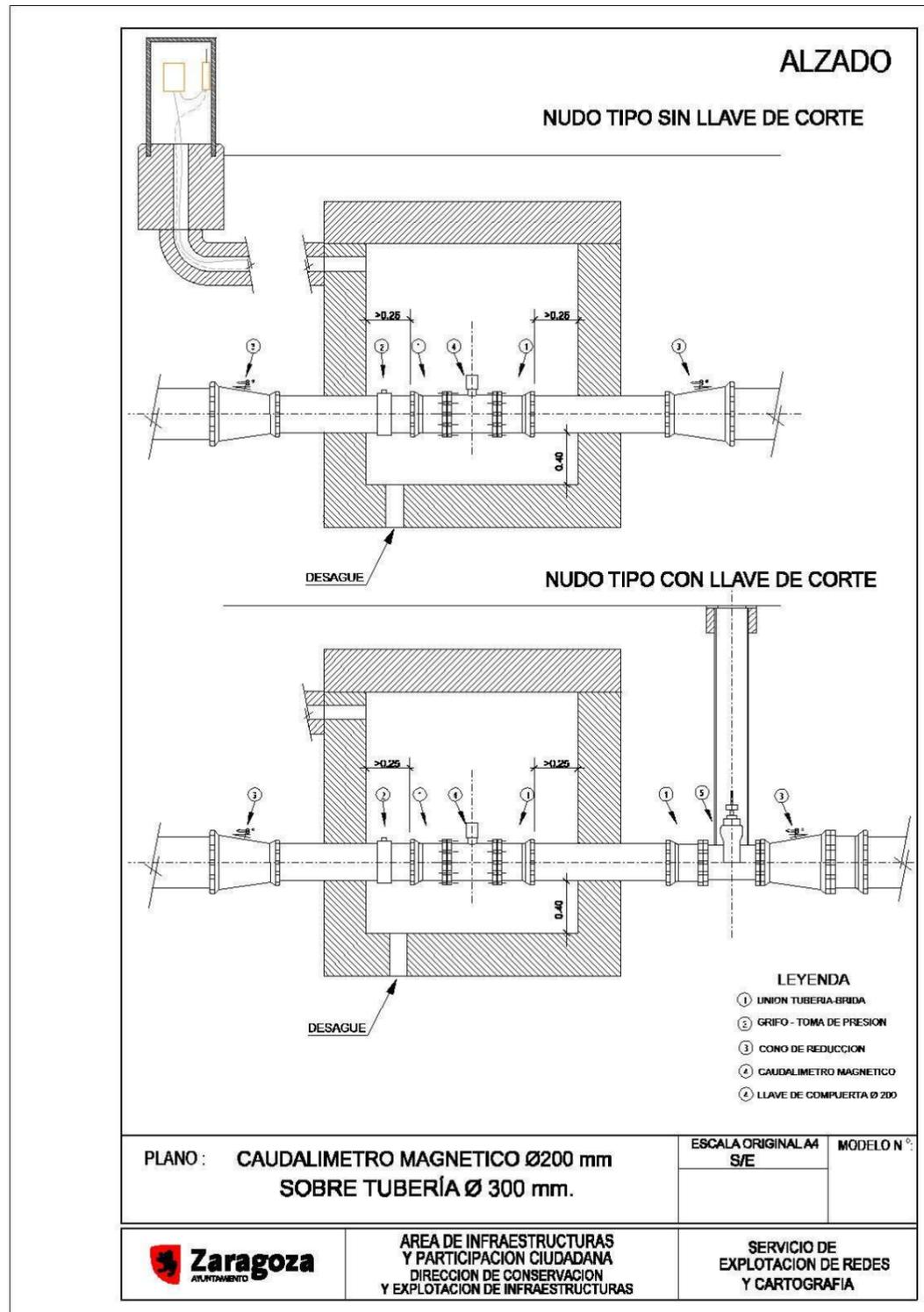
Ud. de armario de hormigón armado prefabricado con las siguientes características: absorción <10%, resistencia a la flexión >4N/mm<sup>2</sup>, carga de rotura >7KN. Medidas exteriores 84x49x26 cm y medidas útiles interiores 81x46x20cm., puerta 35x45 cm., de aluminio lacado blanco con cerradura de cuadrado y candado. Peso por unidad de 64 kg. Colocada sobre cimiento de hormigón HM-12,5 de 59x60x36 cm. Incluida canalización de tubo de PE de Ø 110 mm. envuelta en prisma de hormigón HM-12.5 de 30x30 cm. hasta arqueta de ubicación del caudalímetro, incluso obras accesorias, totalmente colocado

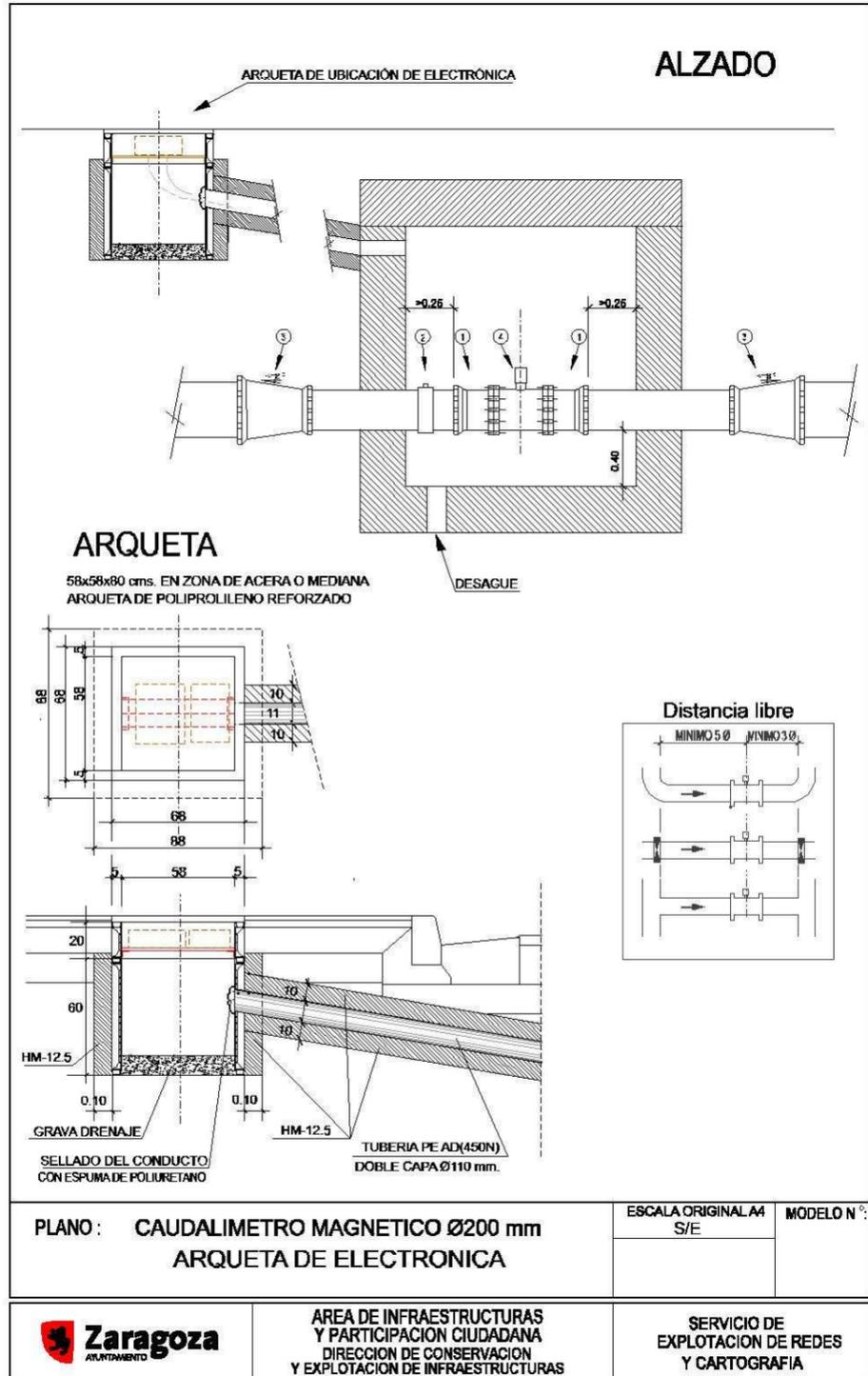
Arqueta de electrónica

Ud. de Arqueta de 58x58x60 cm. de dimensiones mínimas interiores, de polipropileno reforzado con un 20 % de fibra de vidrio, macizada de hormigón HM-12,5 de 88x88x75 cm. de medidas exteriores, obras de tierra y fábrica y orificios para tuberías, totalmente terminada. Incluida canalización de tubo de PE de Ø 110 mm. envuelta en prisma de hormigón HM-12.5 de 30x30 cm. hasta arqueta de ubicación del caudalímetro, incluso obras accesorias, totalmente colocado.



MODELOS





### **C.- RECOMENDACIONES FINALES**

Para finalizar, y a la vista de la experiencia obtenida con los cuatro sectores piloto, se han definido una serie de recomendaciones que se aplican en la continuación de la sectorización de la red de la ciudad de Zaragoza.

#### **1. Estandarizar lo más posible los puntos de control.**

La adopción de unos parámetros de partida uniformes para el diseño de los sectores dará lugar a unas características similares en cada punto de control. La estandarización de los puntos (morfología de la obra civil, fontanería, equipamiento electrónico, etc.) supondrá una economía en el tiempo de diseño, en la ejecución de los puntos de control y en el mantenimiento periódico posterior del sistema.

#### **2. Evaluar previamente a la ejecución, la cobertura de la señal** en caso de utilizar transmisión de datos por vía inalámbrica (telefonía, radio, etc.).

En la experiencia piloto, ha habido problemas de transmisión de señal en algunos de los puntos de control, habiendo sido necesario modificar las características y ubicación de las antenas.

#### **3. Reducir el diámetro del caudalímetro respecto de la tubería de alimentación,** evaluando en la simulación el compromiso velocidad-perdida de carga, para mantener las velocidades del flujo dentro de los límites de exactitud aceptable de los medidores.

En este aspecto ha de indicarse que con los parámetros y tamaños de los sectores estudiados, se ha podido comprobar una persistencia de bajas velocidades de paso por el caudalímetro. En el módulo de control que se ha estandarizado, para los parámetros indicados y una tubería de alimentación de Ø300mm. se propone un caudalímetro de Ø200 mm.

#### **4. Ubicar la electrónica en armarios o arquetas accesibles para el mantenimiento y parametrización "in situ".**

Dado que algunas de los accesos a las cámaras de ubicación de los puntos de control pueden encontrarse en calzadas de tráfico rodado lo que dificulta el acceso en condiciones de seguridad. se recomienda la ubicación de la electrónica (del caudalímetro y del datalogger) en pequeños armarios o arquetas ubicadas en aceras lo que permite el acceso al equipo en buenas condiciones de comodidad y seguridad. No obstante dichos armarios o arquetas han de disponer de cerradura para evitar robos o vandalizaciones del equipo.

#### **5. Si no se dispone de acometida eléctrica para la alimentación de los equipos,** se recomienda utilizar el sistema de comunicación SMS, que permite una

mayor duración de las baterías al limitar el equipo al envío a la central de control, cada 24 horas de los datos recogidos y almacenados en el data logger.

Esto implica la necesidad de limitación de la comunicación bidireccional equipo-central de control a un espacio de tiempo limitado (ventana de comunicación) generalmente de una hora al día para la configuración remota o la reclamación de datos específicos vía GSM de mayor consumo energético.

#### **6. Se recomienda que las llaves de corte adyacentes se instalen fuera de la cámara que contenga el caudalímetro.**

En algún caso no es posible una perfecta sujeción de las llaves debido a las características de las piezas de conexión (bridas, enchufes, etc.) de las tuberías y piezas especiales (tales como conos de reducción, llaves de corte, etc.

En algún caso, al cerrar las llaves adyacentes al caudalímetro para su posible sustitución la presión del agua sobre aquellas puede dar lugar a desplazamientos no deseados en las piezas con el consiguiente peligro de accidente.

I.C. de Zaragoza a 4 de Junio de 2010

Esteban-Raúl Bello Pérez  
Jefe de la Sección de Cartografía  
y Explotación de Redes

Alfonso Narvaiza Marqués  
Jefe del Servicio de Explotación  
de Redes y Cartografía